Der

Stoffwechsel,

als

die Quelle der Eigenwärme

bei Pflanzen und Thieren.

Eine physiologisch-chemische Abhandlung
für Gebildete aller Stände

von

Dr. Donders,

Militairarzt zweiter Klasse bei der Königlichen Schule für Militairärzte.

Frei nach dem Holländischen.

Wiesbaden,

Verlag von Wilh. Beyerle.

1847.

Gedruckt bei Chr. Kichler.

Vorwort.

Die folgenden Seiten schrieb ich nur in der Absicht, um in der hiesigen Physikalischen Gesellschaft, als die Reihe an mich kam, einen Vortrag zu halten, in welchem ich, um dem Wunsche einiger Mitglieder zu entsprechen, die Eigenwärme der Thiere behandelte.

Alsbald wurde es mir deutlich, dass ich um Zuhörern verschiedener Stände verständlich zu sein, nothwendiger Weise auf eine Erörterung des fortwährenden Stoffwechsels eingehen musste, welcher auf der Oberfläche der Erde dem organischen Leben zu Grunde liegt. Dadurch gewann mein Gegenstand eine so grosse Ausdehnung, dass ich gezwungen war, beim

Vortrage das weniger Nothwendige gänzlich auszulassen und manche Punkte gedrängter zu behandeln, als sie mir aus der Feder geflossen waren.

Einige meiner hochverehrten Freunde äusserten nun den Wunsch, das Ganze näher kennen zu lernen, und um ihr verehrendes Gesuch zu erfüllen, habe ich es gewagt, diese Abhandlung zu veröffentlichen.

Ich bitte den Leser, nicht aus dem Auge zu verlieren, dass ihm nur eine Vorlesung dargeboten wird, die keinen hohen wissenschaftlichen Werth für sich in Anspruch nimmt.

Utrecht, Januar 1845.

Dr. Donders.

Die Periode, in der wir leben, zeichnet sich mehr als irgend eine andere durch eifrige Forschungen in dem Gebiete der Naturwissenschaften aus, so wie durch die glänzenden Ergebnisse, mit welchen diese Forschungen gekrönt wurden.

Er hat etwas Grosses und Ergreifendes, jener langsame aber rastlose Schritt, mit welchem die vereinte Naturwissenschaft durch die verbundenen Anstrengungen tausender eifriger Männer sich unaufhörlich fortbewegt, um jenes unermessliche Feld zu ebnen, das wir Natur nennen.

Auf diesem Felde, das beim ersten Anblick so dunkel erscheint, nimmt jede Naturwissenschaft ihre eigene Stelle ein, und jede Wahrheit wird zu einem leuchtenden Punkte, dessen Strahlen sich wohlthätig über das ganze Feld verbreiten.

Viele Wahrheiten glänzen hier schon als eben soviele hell leuchtende Sterne, und selbst dort, wo keine Lichter schimmern, ist das tiefe Dunkel, in welches früher das Feld gehüllt war, wenigstens einer Dämmerung gewichen.

Ein einziger leuchtender Punkt auf dem unermesslichen Felde, und nirgends ist es nächtliches Dunkel.

So innig hängen alle die Wissenschaften mit einander zusammen, deren Gegenstand die Natur ist.

Wie ein Stern bis auf die entferntesten Punkte noch einzelne Strahlen aussendet, so verbreitet auch jede neue Wahrheit einiges Licht bis in die weitesten Gegenden des Gebiets der Naturwissenschaften. Es giebt also keine wichtige Wahrheit, die nicht auf alle einen Einfluss ausübte; und somit giebt es auch keine Vollkommenheit in irgend einer dieser Wissenschaften, bis alle an dieser Vollkommenheit Theil nehmen. Das Ganze muss wie ein gleichmässig beleuchteter Himmel sein, bevor ein einzelner Punkt alle die Strahlen erhält, die selbst von den entferntesten Gegenden ausgehen müssen, um das Ideal der Vollkommenheit zu erreichen.

Von Seiten der Physik und Chemie musste die Sonne aufgehen, welche die organische Welt beleuchten sollte, und erst bei jenem Sonnenlichte konnte diese Gegend mit Erfolg bebaut werden.

Wir sehen diess bei jedem Schritt, der uns in der Erkenntniss der organischen Wesen weiter führt. Man möge die Erscheinungen beobachten oder die Functionen erklären, — die Physik und Chemie bieten uns die Mittel zur Untersuchung, sie

lehren uns Gesetze kennen, die einer jeden Erklärung zum Grunde liegen müssen.

Denn was heisst es anders, wenn man sagt, eine Erscheinung des Lebens sei erklärt, als sie sei auf die allgemeinen Naturgesetze reducirt, welche die Physik und Chemie erforscht haben.

Eine Verrichtung oder vielmehr eine Erscheinung der organischen Körper wünsche ich im Folgenden zu betrachten, eine Erscheinung, deren Erkenntniss wir beinahe nur der Physik und Chemie verdanken, ebenso wie wir für diese Kenntniss, wo sie noch mangelhaft ist, nur von den letztgenannten Wissenschaften Aufklärung erwarten dürfen. Ich rede von der Eigenwärme der organischen Körper.

Ich sprach von einer Verrichtung, einer Erscheinung. Wird aber nicht zwischen allen Erscheinungen eines und desselben Organismus der nämliche Zusammenhang, die nämliche innige Beziehung auf einander bestehen, die uns zwischen den verschiedenen Zweigen jenes grossen Organismus aufstösst, welchen wir Natur nennen? Ohne Zweifel! — ohne einen Begriff von dem fortwährenden Stoffwechsel in den organischen Wesen ohne Kenntniss der wichtigsten Functionen des lebendigen Organismus, der Respiration, der Circulation, der Ernährung und der Secretionen ist die

Kenntniss der Eigenwärme unvollkommen, ja unmöglich.

Diese Ueberzeugung erschwert meine Aufgabe, so wie ich an Leser denke, die sich vielleicht mehr ausschliesslich dem Studium der Physik gewidmet haben. In ihrem Interesse will ich es also versuchen eine gedrängte Uebersicht von den Functionen zu geben, deren Kenntniss zu einer klaren Auffassung der Eigenwärme unbedingt erfordert wird, wobei ich es für nothwendig halte, ihnen den Chemismus des epitellurischen Lebens in allgemeinen Zügen vor die Seele zu führen.

Kein Leben ohne Stoffwechsel, kein Leben ohne Wärme-Entwicklung.

Alle lebende organische Körper, die Pflanzen sowohl wie die Thiere, besitzen in sich selbst eine Quelle der Wärme, durch welche ihre Temperatur die des umgebenden Mediums übertrifft.

Die Eigenwärme, — d. h. der Temperaturunterschied zwischen den organischen Körpern und dem dieselben umgebenden Medium, in welchem sie leben, ist indess bei Vielen so gering, dass es der genauesten physikalischen Instrumente bedarf, um diesen Unterschied nachzuweisen und zu bestimmen. Wir sehen also, dass gleich der An-

fang der Kenntniss der Eigenwärme, nämlich die Beobachtung ihrer Existenz, gänzlich auf der Physik beruht.

Genau und zweckmässig eingerichtete Thermometer sind ein erstes Erforderniss, und nur die wichtige Entdeckung der thermo- elektrischen Erscheinungen, welche mit so vielen andern im Zusammenhang steht, und durch deren vereinte Anwendung die Physik mit einem empfindlichen Multiplicator bereichert wurde, konnte zu einer genauen Kenntniss der Temperatur der organischen Körper führen.

Indem ich die thermo- elektrischen Erscheinungen im Ganzen als bekannt voraussetze, will ich nur an die Bedingung erinnern, unter welcher ein thermo - elektrischer Strom erzeugt wird: wenn zwei Stäbe oder Drähte von verschiedenem Metall in solcher Weise mit einander verbunden sind, dass sie eine geschlossene Kette bilden, so entsteht ein elektrischer Strom, wenn die beiden Verbindungsstellen eine verschiedene Temperatur besitzen. Dieser Strom hält ununterbrochen an, so lang der Temperaturunterschied fortbesteht.

Ein sehr geringer Unterschied reicht schon hin, um einen Strom zu erzeugen, der durch die Abweichung der Nadel des Multiplicators bestimmt werden kann.

Wir sehen schon, dass es nicht schwer sein

konnte, diese Ströme zur Bestimmung der Eigenwärme organischer Körper zu benutzen. Wenn man eine der Verbindungsstellen einer constanten Temperatur aussetzt, und der anderen den Wärmegrad irgend eines Thiers oder einer Pflanze mittheilen könnte, so müsste, wenn der hierdurch erzeugte Strom durch den spiraliggewundenen Metalldraht des Multiplicators geleitet wurde, die Abweichung der Nadel die Kraft des Stroms, und hiermit den Temperaturunterschied der beiden Löthungsstellen angeben.

Zur Erhaltung einer constanten Temperatur könnte man sich des schmelzenden Eises bedienen, wenn der grosse Temperaturunterschied der beiden Löthungsstellen hier der Genauigkeit der Beobachtung nicht im Wege stünde. Desshalb bediente sich *Becquerel* zur Bestimmung der Eigenwärme warmblütiger Thiere des *Sorel*'schen Apparats für constante Temperatur, und später auch mit Erfolg, der Mundhöhle eines dazu geübten Individuums, dessen Temperatur genau bekannt war.

Diese Anwendung thermo-elektrischer Ströme war von doppelter Wichtigkeit. Sie machte es nicht nur möglich, viel geringere Temperaturunterschiede zu beobachten, als mittelst der gewöhnlichen Thermometer geschieht; sondern, und das ist vorzugsweise für wichtig zu halten, sie setzte uns

auch in den Stand, den Wärmegrad der inneren Körpertheile zu bestimmen, ohne die Functionen dieser Organe zu verletzen.

Wir wissen nämlich, dass sehr dünne Metallnadeln, sogenannte Acupuncturnadeln, in das Innere des Körpers eingeführt werden können, ohne die Theile zu verletzen; die Elementarformen scheinen diesen dünnen Nadeln auszuweichen, ohne zerrissen zu werden. *Becquerel* liess nun solche Nadeln aus zwei verschiedenen Metallen, Kupfer und Stahl, anfertigen; man nennt sie physiologische Nadeln. Die beiden Metalle sind in diesen Nadeln nur in sehr kleiner Ausdehnung, entweder in der Mitte oder an dem dünneren Ende, mit einander verbunden, und diese Verbindungsstelle wird in das Organ geführt, dessen Temperatur man zu bestimmen wünscht. Man braucht jetzt nur die stählerne Spitze mit der einer anderen Nadel, deren Löthungsstelle einer bekannten constanten Temperatur ausgesetzt ist, und die kupfernen Spitzen der beiden Nadeln mit dem Leitungsdraht des Multiplicators zu verbinden, um einen elektrischen Strom zu erhalten, der dem Temperaturunterschiede der beiden Löthungsstellen proportional ist. Der Ablenkungsgrad der Nadel in dem Multiplicator wird also stets die Differenz, und die Richtung der Ablenkung das + oder — anzeigen zwischen der constanten Temperatur der einen Löthungsstelle und der

des Körpertheiles, in welchem sich die andere findet.

Wenn ich gleich diese Methode, die Temperatur zu bestimmen, die schon so wichtige Ergebnisse geliefert hat, nur flüchtig berührt habe, so wird es dem aufmerksamen Leser doch nicht entschlüpft sein, wie viele interessante Entdeckungen in der Physik erfordert wurden, bevor man auf diese Weise die Temperatur organischer Körper bestimmen konnte. *Seebeck's* Entdeckung der thermo-elektrischen Ströme, die des Elektro-Magnetismus, mit welchem *Oerstedt* die Physik bereicherte, die herrliche Idee der Multiplication, die wir *Schweigger* verdanken, *Nobili's* astatische Nadel, — alle die wichtigen Entdeckungen, die einer jeden der genannten vorhergehen mussten — und endlich des Menschen Geist, der den Zusammenhang aller der hierbei gefundenen Gesetze verstand und anzuwenden wusste; dies alles waren Erfordernisse, ohne welche die Physiologie keine genaue Bestimmungen der Eigenwärme besitzen konnte!

Sagte ich nicht mit Recht, dass erkannte Wahrheiten als helle Sterne leuchten, deren Strahlen sich auch in den entlegensten Gegenden des Feldes der Naturwissenschaft begegnen, um ein wohlthätiges Licht zu verbreiten, das neue Quellen der Erkenntniss zugänglich macht?

Ich will hier zunächst in der Kürze die wichtigsten Thatsachen in Betreff der Temperatur der Pflanzen mittheilen.

Die jüngeren Theile der Pflanze, welche der Sitz der wichtigsten Lebensfunctionen sind, besitzen eine Wärmequelle; diese ist aber so unbedeutend, dass die Pflanzen an ihrer Oberfläche durch Verdunstung mehr Wärme verlieren, als sie entwickeln, so dass ihre Temperatur in der Regel niedriger ist als die der Atmosphäre, und es auf den ersten Blik scheint, als erzeugten die Pflanzen Kälte.

Becquerel und *Mirbel* stellten einige weniger entscheidende Versuche zur Bestimmung der Eigenwärme der Gewächse an. *Dutrochet* verdanken wir die ersten genaueren Beobachtungen, die *van Beek* bestätigt hat. Um die Abkühlung durch Verdunstung zu verhüten, stellte *Dutrochet* die Pflanze in eine mit Wasserdunst gesättigte Luft, und er beobachtete, dass sich die Temperatur dann bei verschiedenen Pflanzen und an verschiedenen Stellen derselben Pflanzen um $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{3}$° C. über die der umgebenden Luft erhob. Diese Wärme-Entwicklung nimmt Nachts und in der Finsterniss ab, sie wird im Lichte erhöht und erreicht ihr Maximum zwischen Morgens 10 und Nachmittags 3 Uhr, zu welcher Zeit auch die Temperatur der Luft höher, die Functionen der Pflanze lebendiger sind, die Entwicklung des Sauerstoffs und das Wachsthum, nach

Harting's Bestimmungen schneller von Statten geht. Bemerkenswerth ist es, dass die Pflanzen im Finsteren noch einige Tage hindurch gegen Mittag eine Temperaturerhöhung zeigen, die mit jedem Tage abnimmt, endlich ganz aufhört, und wenn sie auf's Neue dem Lichte ausgesetzt werden, innerhalb zweier bis dreier Tage ihre vorige Höhe erreicht.

Bergsma und *van Beek* haben näher gezeigt, dass die Abkühlung der Pflanzen unter die umgebende Temperatur, vorzüglich von der Verdunstung des Wassers an ihrer Oberfläche abhängt.

In den holzigen Theilen der Pflanze wird keine Wärme entwickelt, wie die wichtigen Versuche von *Rameaux* aufs Neue bestätigt haben.

Wahrscheinlich entwickelt sich, beim Blühen aller Pflanzen, eine höhere Temperatur in den Theilen der Blüthe. Man hat dies vorzüglich deutlich beobachtet in der Familie der Aroideën, deren Temperatur die der umgebenden Luft um 15° übertreffen kann. Diese Temperaturerhöhung war schon von *Brogniart* entdeckt, und ist von *G. Vrolik* und *de Vriese*, von *Bergsma* und *van Beek*, von *Dutrochet* und Anderen näher bestimmt.

An dem angeschwollenen, fleischichten Gipfel des Spadix beobachtete *Dutrochet* etwa am Tag vor dem Oeffnen der Blüthe eine Temperatur-Erhöhung, die allmälig bis auf 11° bis 12° stieg, etwa 2 Stunden dauerte, darauf abnahm und nach

12 Stunden verschwand, ohne an den folgenden Tagen wiederzukehren.

Nachdem die Blüthe sich geöffnet hat, entwickelt sich die Wärme in der Regel während der drei folgenden Tagen, aber an dem ersten Tage am stärksten. In der Mitte des Tages ist auch hier die Temperatur am höchsten und sie verschwindet Nachts beinahe ganz.

Was ist nun die Ursache dieser Wärme-Entwicklung? *De Saussure* hatte bereits bemerkt, dass die Aroideën, wenn sie blühen, der Atmosphäre Sauerstoff entziehen und Kohlensäure entwickeln; dass hier also das Nämliche stattfinde, wie bei der Verbrennung von Kohlen. Er vermuthete, dass hierin die Quelle der entwickelten Wärme zu suchen sei, und dieser Ansicht huldigte auch *Dutrochet.*

Vrolik und *de Vriese* bestätigten dies durch einen interessanten Versuch. Sie brachten die blühende Pflanze unter eine Glocke und beobachteten dabei, dass die Gegenwart des Sauerstoffs eine nothwendige Bedingung zu jener Wärme-Entwicklung ist, dass unter Sauerstoff-Absorption Kohlensäure gebildet wurde, und dass, wenn die Temperatur am meisten erhöht wurde, nämlich in der Mitte des Tags, auch die grössten Quantitäten Kohlensäure gebildet und Sauerstoff verbraucht wurden. Die Blätter der Pflanze hatten sie mit einem Fir-

niss überzogen, um die Entwicklung und die Zufuhr neuer Sauerstoffmengen durch diese zu verhüten

Hierdurch wird es höchst wahrscheinlich, dass die Ursache der Temperaturerhöhung in der Blüthe einer Verbindung des Sauerstoffs mit Kohlenstoff, also einem Verbrennungsprozesse zugeschrieben werden muss, wir dürfen es aber keineswegs als bewiesen betrachten, dass alle Wärme-Entwicklung in der Pflanze aus dieser Quelle herzuleiten sei.

— — — —

Man pflegt die Thiere nach ihrer Temperatur in zwei Klassen zu vertheilen, so dass man kaltblütige und warmblütige unterscheidet. Zu den warmblütigen gehören nur die Säugethiere und die Vögel, zu den kaltblütigen zählt man die Amphibien, die Fische und alle wirbellose Thiere.

Die Temperatur der kaltblütigen Thiere ist immer nur wenig von der des umgebenden Mediums verschieden; wie die Luft und das Wasser, in welchem sie leben, sind sie Schwankungen der Temperatur unterworfen, und sie verdienen desshalb den Namen: Thiere mit inconstanter Temperatur.

Die warmblütigen Thiere behalten bei den Temperaturschwankungen, welchen sie ausgesetzt sind,

in ihren inneren Theilen ziemlich dieselbe Temperatur, und dürfen desshalb Thiere mit constanter Temperatur genannt werden.

Ueber die Eigenwärme der kaltblütigen Thiere hat *Dutrochet* auf thermo - elektrischem Wege, sehr genaue und ausgedehnte Beobachtungen mitgetheilt*), denen ich die meisten der folgenden Angaben entnehme.

Seit langer Zeit weiss man, dass viele Insekten, wenn sie in grosser Anzahl in einem kleinen Raum eingeschlossen sind, eine Temperatur erhalten, welche die der atmosphärischen Luft um Vieles übertrifft, was man z. B. in Bienenkörben und Ameisen-Nestern beobachtet. Mit Unrecht hat man aber nach dieser Temperatur den Grad der Eigenwärme der Insekten bestimmt. Die Bienen entwickeln ohne Zweifel nur wenig Wärme, die sie der im Korbe enthaltenen Luft mittheilen; von Neuem erhebt sich ihre Eigenwärme über die Temperatur der jetzt bereits erwärmten Luft, wodurch dieser wiederum neue Wärme mitgetheilt wird, was sich auf solche Weise unaufhörlich wiederholen muss,

---

*) Annales des sciences naturelles. Janvier et Fevrier 1840. Diese Versuche sind in Nr. 343. 344, 345 und 346 der neuen Notizen *Froriep's*. November 1840, übergenommen, und werden dort in Folge einer sonderbaren Verwechslung *Becquerel* zugeschrieben.

bis der Temperatur-Unterschied zwischen der innerhalb und ausserhalb des Korbes vorhandenen Luft so gross ist, dass die erstere der letzteren in einem gleichen Zeitraum grade so viel Wärme abtritt, wie die Bienen entwickeln.

Newport's Bestimmungen an Bienen, Hummeln und anderen Insekten, welche er in einer kleinen Flasche einschloss, worauf er die Temperaturerhöhung als die Eigenwärme der Insekten betrachtete, beruhen also auf einem falschen Prinzip. Die Eigenwärme war hierbei gleich dem Temperaturunterschiede zwischen der erwärmten Luft und der in dieser letzteren befindlichen Insekten.

Dutrochet hat die Temperatur der Insekten mittelst physiologischer Nadeln in der freien Luft bestimmt und hierdurch gezeigt, dass die Eigenwärme der Insekten nur sehr gering ist. Er fand die Bienen zu klein, um die Nadeln in dieselben einzuführen. Hummel und Maikäfer, die dazu geeignet waren, zeigten als Maximum bei starker Anstrengung nur eine Eigenwärme von $\frac{1}{7}$° C. Bombus lapidarius verlor sogar mehr durch Ausdünstung als entwickelt wurde.

Ueber andere wirbellose Thiere giebt es nur wenig Bestimmungen, die Vertrauen einflössen; bei den Schnecken und den Flusskrebsen hat man auch eine gewisse, wenn auch nur sehr geringe Temperatur-Erhöhung beobachtet.

Bei den Fischen fanden *von Humboldt* und *Provençault*, *Berthold* und sogar auch *Dutrochet*, auf thermo-elektrischem Wege, keine Spur von Eigenwärme, obgleich der letztere Forscher einen Unterschied von $\frac{1}{14}$° C. noch hätte beobachten können. *Martine*, *Hunter*, *Despretz* und Andere haben dagegen bei Fischen einen Temperaturunterschied im Vergleich zum Wasser gefunden, und neuerdings hat *J. Davy* bei einigen Fisch-Arten, aus den Gattungen Thynnus und Scomber, eine ziemlich hohe Eigenwärme gefunden, die bei Pelamys Sarda das oberflächliche Meerwasser um 7° F. und das tiefere sogar um 12° F. übertraf.

Ebenso wie die Pflanzen, sind auch die Amphibien, welche eine feuchte Haut besitzen, kälter als die umgebende Luft; bei den Fröschen beträgt dieser Unterschied 1° C. Wenn sie sich im Wasser oder in einer mit Wasserdunst gesättigten Atmosphäre finden, beträgt ihre Eigenwärme nach *Dutrochet* von $\frac{1}{20}$° bis $\frac{1}{10}$°. Bufo obstetricans hat $\frac{1}{8}$° Eigenwärme, ist aber in der Luft um $\frac{3}{4}$° kälter als diese.

Man darf hieraus schliessen, dass die niedrigere Temperatur dieser Amphibien, ebenso wie die der Pflanzen, der Verdunstung des Wassers, an der Oberfläche zugeschrieben werden muss, wie dies auch schon *de la Roche* und *Berthold* annahmen. Hiermit steht auch die Beobachtung *Czermack's* im

Zusammenhange, welcher die Temperatur der mit einer trockneren Haut versehenen Amphibien bei hoher Temperatur der Luft niedriger, bei niedriger dahingegen höher als diese letztere fand.

Gegen den Winter, wann, nach *Edwards*, die Respiration dieser Amphibien weniger thätig wird, nimmt auch die Eigenwärme ab. Bei Fröschen, die ich den ganzen Winter hindurch in Vorrath habe, bemerkte ich, dass sie in demselben Verhältnisse, in welchem es kälter wird, immer mehr unter dem Wasser leben, und indem sie Nahrung darben, viel weniger abmagern, als im Sommer.

Bei Amphibien mit trockener Haut, bei welchen die Ausdünstung viel geringer ist, fand *Dutrochet* eine Eigenwärme von $\frac{1}{4}$° bis 1° C. *Flourens* und *Becquerel* beobachteten, dass die Temperatur der Schlangen in der Nähe des Herzens die des Schwanzes übertrifft.

Wir haben bereits angeführt, dass die Temperatur der warmblütigen Thiere so ziemlich constant ist; sie beträgt für die inneren Körpertheile in der Regel einige wenige Grade mehr, bisweilen etwas weniger als 100° F. Die Temperatur der Vögel übertrifft die der Säugethiere, und beträgt für die meisten Arten 105° – 108° F., während die Säugethiere ein paar Grade mehr oder weniger als 100° F. besitzen.

Aus der grossen Anzahl der gemachten Beobachtungen berechnet *Valentin* als mittlere Temperatur aller inneren Körpertheile des Menschen 37°, 12 C. was etwas weniger beträgt als 100° F., die 37°, 7 C. entsprechen.

In den verschiedenen Körpertheilen ist die Temperatur aber nicht vollkommen gleich. Die folgenden Mittelzahlen werden von *Valentin* angegeben, der sie aus den Beobachtungen von *J. Davy, Hunter, Berger, Becquerel* und *Breschet, Maunoir, Hales, Braun* und *De Lisle*, die auf verschiedene Weise angestellt worden, berechnet hat.

1)	In der Haut, im Mittel	34,22°
	an den Fusssohlen	32,26°
	in der Achselhöhle	36,5°
2)	In dem subcutanen Zellgewebe .	35,14°
3)	In den Muskeln	36,88°
4)	In der Blase	37,03°
5)	In der Mundhöhle	37,20°
6)	In dem Mastdarm	38,01°
7)	In der Scheide	38,30°

Es ist vorzüglich beachtenswerth, dass die mittlere Temperatur aller inerer Theile die der Haut um ungefähr 3° C. übertrifft.

Wichtig ist ferner der Temperaturunterschied, den man zwischen venösem und arteriellem Blut beobachtet hat. *J. Davy* hat bei fünf Schaafen die Aorta und die Hohlader blossgelegt und nach der

Reihe in jedes dieser Gefässe einen Thermometer mit sehr kleiner Kugel, durch eine enge Oeffnung eingeführt, wodurch die Bewegung des Bluts nicht gestört wurde, und fand die Temperatur des arteriellen Bluts um $\frac{1}{4}$° C. höher, als die des venösen.

Diese Resultate haben *Becquerel* und *Breschet*, auf thermo-elektrischem Wege, vollkommen bestätigt; sie beobachteten einen Unterschied von etwas mehr als 1° C. zwischen dem Blut der Aorta und der aufsteigenden Hohlader in der Nähe des Herzens; auch das Blut der Schenkelarterie war $\frac{2}{10}$° wärmer, als das der Halsader.

Die bekannten Temperaturbestimmungen beim Manne und beim Weibe haben keinen bestimmten Unterschied ergeben. Ich glaube dasselbe über die Temperatur bei verschiedenen Völkern und Menschenrassen sagen zu dürfen, bei welchen man wenigstens keine mittlere Unterschiede findet, die nicht ebenso bei verschiedenen Individuen vorkämen.

Die Temperatur der warmblutigen Thiere ist indess nicht so constant, dass sie fortwährend durchaus unverändert bliebe. Die verschiedenen Zustände des Körpers sowohl wie die äusseren Verhältnisse üben einen bestimmten, wenn auch beschränkten, Einfluss auf die Eigenwärme aus.

So sinkt die Temperatur nach *Roger* sogleich nach der Geburt, allein sie erreicht bald wieder

die vorige Höhe; in der Kindheit steigt sie ein wenig, im Mannesalter bleibt sie constant, und im hohen Alter nimmt sie wieder ab. *Davy* fand aber unter der Zunge bei Greisen, die mehr als 80 Jahre alt waren, eine höhere Temperatur als bei Erwachsenen.

Im Schlafe ist die Eigenwärme $\frac{1}{4}$° niedriger als beim Wachen, sie sinkt in der Ruhe und steigt bei der Bewegung. Durch kräftige Muskelanstrengung am Oberarm, bei einem Mann, der fünf Minuten Holz gesägt hatte, fanden *Becquerel* und *Breschet* die Temperatur jener Muskeln um 1° C. erhöht.

Freude, Zorn, Scham, Geschlechtstrieb und andere erregende Affecte erhöhen die Temperatur der Haut; sie sinkt durch Schwermuth, Furcht und Schrecken.

In Krankheiten unterliegt der Organismus etwas grösseren Schwankungen der Temperatur. Lähmung, Brand, Cholera und andere Krankheiten verringern die Temperatur. *Becquerel* und *Breschet* fanden aber in einem Falle einseitiger Lähmung keinen Unterschied zwischen den beiden Seiten. Dahingegen wird in allen Krankheiten, bei welchen die Thätigkeit des Gefässsystems erhöht ist, wie bei Fiebern und Entzündungen eine höhere Temperatur entwickelt. Nach den genauen thermoelektrischen Beobachtungen *Gierse's* kann sie in Fiebern um mehr als 4° steigen. Sogar im Kälte-

stadium des Wechselfiebers fanden *Gavarret* und Andere die Temperatur der inneren Theile bedeutend zugenommen; man möge aber ja beachten, dass die Haut, wenigstens an den nicht bedeckten Stellen, kälter ist.

Nach *Roger* beträgt der Temperaturunterschied in Folge krankhafter Zustände bei Erwachsenen nur 7° C., bei Kindern beobachtete er indess den bedeutenden Unterschied von 19°, und als Minimum fand er, bei Verhärtung des Zellgewebes, $23\frac{1}{2}$° C., eine noch niedrigere Temperatur als die, welche Kinder 12 Stunden nach dem Tode zu besitzen pflegen; man vergesse hierbei aber nicht, dass diese Bestimmungen die Temperatur der Haut betreffen.

Bei einem Sterbenden nimmt die Temperatur allmälig ab; am ersten kühlt sich die Haut ab, und diese Abkühlung geht von den Theilen aus, die am weitesten von dem Herzen entfernt sind.

Künstliche Lähmung, die man durch Zerstörung der Nervencentra bei Thieren erzeugt, verringern die Eigenwärme sehr bald; durch Druck und Unterbindung der Arterien nimmt die Temperatur nur langsam und wenig ab; wie dies *Becquerel* und *Breschet* genau bestimmt haben.

Was die äusseren Verhältnisse betrifft, so ist deren Einfluss auf innere Theile wenigstens viel unbedeutender, als man vielleicht vermuthen könnte.

Sehr hohe und sehr niedrige Temperaturen werden einige Zeit hindurch ohne merkliche Veränderung ertragen. Wenn man den Arm 15 Minuten lang in Wasser von 42° C. eintaucht, so nimmt die Temperatur der Muskeln nur um $\frac{1}{5}$° zu. *Séguin*, interne eines der Pariser Spitäler, blieb 20 Minuten lang in einem Bade von 49° C., wobei *Becquerel* und *Breschet* fanden, dass die Temperatur seiner Muskeln nur um $\frac{1}{5}$° bis $\frac{2}{5}$° zugenommen hatte, während sein Puls 112 Schläge in der Minute machte. Bei einer Wiederholung dieses Versuchs an *Séguin* und *Costille* konnten sie sogar keine Erhöhung beobachten; die Haut war ausserordentlich roth und angeschwollen.

Diese Resultate stimmen nicht ganz zu den von *de la Roche* und *Berger* erhaltenen. Nachdem sie 15 bis 17 Minuten mit alleiniger Ausnahme des Kopfs in einem Dampfbade von 37° bis 48° geblieben waren, fanden sie die Temperatur der Mundhöhle um 2° bis 3° zugenommen, während in einer trocknen Luft von 80° bis 87°, nach 8 bis 16 Minuten, die Wärme der Mundhöhle um $4\frac{1}{4}$° bis 5° erhöht war.

Wenn der Arm dagegen eine Stunde lang in Wasser getaucht wurde, das anfangs 10°, 8°, 6°, darauf 0° hatte, so nahm die Temperatur der Muskeln des Arms nur um $\frac{1}{5}$° ab, und *Parry*, der berühmte englische Reisende, sah auf seiner Reise

nach dem Nordpole, wie eine Mutter in freier Luft ihrem Säugling die Brust reichte, während die Temperatur – 40° C. war, wobei das Quecksilber zu einem festen Metall wird. Und auch hier dürfte die Temperatur der inneren Körpertheile kaum einen Unterschied gezeigt haben.

Beim Besteigen hoher Berge empfindet man Kälte, die wohl nur der Abkühlung der Haut zugeschrieben werden kann. Indess fanden *Becquerel* und *Breschet* die Temperatur der inneren Körpertheile auf dem St. Bernhard 6750 Fuss über der Oberfläche des Meeres gar nicht verändert. Diess war ebenso der Fall bei einem Bedienten und einem Hunde, die ihn begleiteten, wie bei einem Arbeiter, welcher den St. Bernhard schon seit vier Jahren bewohnte.

Davy hatte dagegen die Eigenwärme auf hohen Bergen, ebenso wie in nördlichen Gegenden, etwas niedriger gefunden, als in tieferen oder wärmeren Gegenden.

In dem Obigen sind wir nun mit den wichtigsten Bestimmungen der Eigenwärme der Thiere und des Menschen bekannt geworden, die einer jeden weiteren Erklärung nothwendiger Weise vorhergehen mussten. Viele habe ich nicht erwähnt, weil ich die Geduld des Lesers nicht länger er-

proben wollte. Indess haben wir aus den gemachten Mittheilungen gesehen, dass die Eigenwärme der kaltblütigen Thiere sehr gering ist, während die der warmblütigen, mit Ausnahme der Haut, nur sehr geringen Schwankungen unterliegt.

Es bleiben uns jetzt wichtige Fragen zu beantworten. Worin besteht die Quelle der Eigenwärme? Welcher Ursache muss man die constante Temperatur der warmblütigen Thiere zuschreiben?

Wenn ich diese Fragen auf befriedigende Weise beantworten soll, muss ich meinen Gegenstand einige Augenblicke verlassen, damit ich auf den unaufhörlichen Wechsel der Elemente an der Oberfläche der Erde einen flüchtigen Blick werfe, wobei wir diejenigen wichtigen Functionen des thierischen Körpers berücksichtigen müssen, deren inniger Zusammenhang mit der Eigenwärme sich nicht verkennen lässt.

Kein Leben giebt es ohne Stoffwechsel!

Fortwährend besteht an der Oberfläche der Erde ein Tausch der Elemente; er ist die erste Bedingung des epitellurischen Lebens, — des Lebens der Pflanzen und der Thiere.

Vier Elemente, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, die, bei der unendlichen Anzahl chemischer Verbindungen, die sie eingehen, unter tausend verschiedenen Formen erscheinen,

sind die wichtigsten Substrate jenes unaufhörlichen Wechsels, die Hauptbestandtheile des organischen Reichs.

Bald kommen sie als Elemente vor, wie der Sauerstoff und Stickstoff der Atmosphäre, bald zu zweien verbunden, wie Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser, Sauerstoff und Kohlenstoff in der Kohlensäure der Atmosphäre, Stickstoff und Wasserstoff im Ammoniak, die alle so wichtige Nahrungsmittel für die Pflanzen darstellen; bald endlich sehen wir aus drei, oder gar aus vier dieser Elemente, Verbindungen zu Stande kommen, — organische Stoffe, welche sich die Kunst vergeblich bemüht, ohne den Einfluss der organischen Wesen, aus einfachen Verbindungen zu erzeugen, Zucker, Gummi, Fett, Eiweiss.

Alle organische Stoffe, alle Bestandtheile von Pflanzen und Thieren bestehen zum grössten Theil aus diesen vier Elementen, die geringe Menge der Asche, die nach dem Verbrennen zurück bleibt, indem Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff in gasförmigen Verbindungen entweichen, enthält alle die übrigen Elemente, welche Bestandtheile der organischen Materie ausmachten.

In jenem fortwährenden Wechsel der genannten Elemente, in jenem Chemismus des epitellurischen Lebens, stehen die Pflanzen und Thiere wechselseitig im Gegensatz.

Die Pflanzen bilden organische Stoffe; die Thiere zerlegen sie. Das Pflanzenreich ist die einzige, aber grosse und unerschöpfliche Quelle aller organischer Materie.

Die Nahrungsmittel, deren die Pflanzen bedürfen, sind höchst einfach. Die den grünen Pflanzentheilen dargebotene Kohlensäure, Wasser, welches die erforderlichen Salze in Lösung enthält, Ammoniak, und für viele auch einige Bestandtheile der Ackererde, die nur Zersetzungsprodukte früherer Organismen sind; diess ist Alles was in materieller Hinsicht erfordert wird, damit die unzähligen Verbindungen zu Stande gebracht werden, welche das Pflanzenreich liefert.

Diese durch die Pflanzen bereiteten Verbindungen sind die Nahrungsmittel der Thiere. Die Thiere müssen die organischen Stoffe, deren sie bedürfen, den Pflanzen entnehmen, weil sie die Fähigkeit nicht besitzen, organische Verbindungen aus unorganischen zu bilden. Die Existenz der Thiere ist also von der der Pflanzen abhängig, und die möglichst grosse Vermehrung der Menschen und Thiere an der Oberfläche der Erde, ist durchaus bedingt durch die Menge der Pflanzen, welche sie erzeugen kann.

Ihrerseits vermehren die Thiere unaufhörlich die Quelle, aus welcher die Pflanzen ihre Nahrung schöpfen. Sie zerlegen den in den organischen

Pflanzen gebildeten Stoff, und die letzten Producte dieser Zerlegung, Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, sind die Verbindungen, aus welchen die Pflanzen wieder organische Stoffe bilden.

Die Atmosphäre ist die Kette, welche Pflanzen und Thiere verbindet. Von den Thieren erhält sie die meisten Zersetzungsproducte der organishen Stoffe, welche hierdurch überall den Pflanzen dargeboten werden. Von den Pflanzen nimmt sie den Sauerstoff der zersetzten Kohlensäure wieder auf, und dieser Sauerstoff ist es, dessen die Thiere wieder fortwährend bedürfen, ohne welchen kein Stoffwechsel, kein thierisches Leben statt findet.

Wo man auch anfangen möge, man wird stets die Kette geschlossen finden; aus der Kohlensäure, dem Wasser und dem Ammoniak schöpfen die Pflanzen die Elemente der organischen Stoffe, welche sie bilden; diese letzteren treten als Bestandtheile der Pflanzenfresser auf, und gehen zum Theil in die Fleischfresser über, und werden in beiden wieder verwandelt in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die sich von Neuem durch die Atmosphäre vertheilen, den Pflanzen dargeboten und von den grünen Theilen und den Wurzeln aufgenommen werden.

Dieselben Kohlenstoff-Molecüle, die jetzt durch unsere Lungen ausgeathmet werden, bilden vielleicht schon bald, nachdem sie in den Pflanzen

verarbeitet sind, Bestandtheile anderer Individuen als wir sind. Generationen werden Generationen verdrängen, die aus denselben Elementen gebildet sind, aber kein einziges Molecüle wird aufhören zu existiren, an und für sich bleibt jedes Molecüle was es immer war.

Niemals können die Thiere eine grössere Menge organischer Stoffe zerlegen, als von den Pflanzen gebildet werden, und wir finden darin den bestimmten Beweis, dass von dieser Seite die Existenz von Pflanzen und Thieren bis ins Unendliche gesichert, und die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Zukunft gegen merkliche Veränderungen geschützt ist.

Nur dann, wenn jene massenhaften Anhäufungen von Kohlen, die auf und in der Erde verborgen sind, und dereinst Bestandtheile der Atmosphäre darstellten, durch gewaltige Ursachen glühend und brennend über die Oberfläche der Erde verbreitet würden und wieder mit Sauerstoff verbunden in die Atmosphäre übergingen, — nur dann würde vielleicht alles thierische Leben an der Oberfläche der Erde ausgelöscht werden, und die Materie in ihrem unaufhörlichen Streben nach Harmonie, das *Mulder* so lebhaft geschildert hat*), um Jahrtausende zurückgesetzt werden, um von

*) Over het streven der stof naar harmonie.

dorther durch die ihr einwohnenden Kräfte von neuem einen ersten Schritt zu der Vollkommenheit zu thun, deren sie fähig scheint.

Allein, eine solche Vernichtung des thierischen Lebens durch Feuer und Erstickung grenzt ans Unmögliche, und ist vielleicht gradezu nicht möglich.

Jahrhunderte hindurch wird die Anzahl der Thiere an der Oberfläche der Erde zunehmen und werden dürre Haiden allmälig verschwinden, indem sie sich in fruchtbare Gegenden verwandeln. Warum sollte nicht allmälig, indem wir die Kohle aus der Erde aufgraben und verbrennen, und die überzähligen Wälder ausrotten, eine grössere Menge der organischen Elemente in den Kreis der organischen Natur aufgenommen, und die ganze Oberfläche der Erde in ein fruchtbares Feld umgeschaffen werden, das mit Wäldern und Wohnungen abwechselt, und grade hinreicht, um die Bedürfnisse der vermehrten Menschen und Thiere zu befriedigen?

Wir haben gesehen, dass die Existenz der Thiere durchaus von der der Pflanzen abhängt; Pflanzen können aber ohne Thiere bestehen. Durch Jahrhunderte war das epitellurische Leben vielleicht nur Pflanzenleben, bevor auch nur ein einziges Thier bestand. Die Atmosphäre musste durch die Pflanzen ihrer reichlichen Kohlensäuremenge befreit

werden, ehe das Leben der höheren Thiere und des Menschen ermöglicht wurde.

Diese selbständige Existenz der Pflanzen beweist unwidersprechlich, dass die genannten vier Elemente auch ohne die Thiere einen Kreislauf machen können. Dieser Kreislauf, der nur von den Pflanzen vollzogen wird, wird durch den Boden und die Atmosphäre vermittelt.

Die Blätter, welche jedes Jahr um die Stämme der Bäume zerstreut herunterfallen, verschwinden; sie werden ebenso wie viele andere von den Pflanzen herrührende Theile zersetzt, und die Produkte dieser Zersetzung welche zum Theil in dem Boden zum Theil in der athmosphärischen Luft enthalten sind, bilden eine neue Quelle für neue Pflanzen.

Aus dem was wir in Betreff des Stoffwechsels im epitellurischen Leben mitgetheilt haben, hat sich bereits ergeben, dass die Bestandtheile des thierischen Organismus einer fortwährenden Zersetzung unterworfen sind. Keins der Gewebe und Organe, die den Körper zusammensetzen, besteht unverändert aus denselben Molecülen; es wird denselben neue organische Substanz zugeführt, indem die alte sich zersetzt, und die Produkte jener Zersetzung werden durch die Lungen, durch die Nieren und die Haut aus dem Körper entfernt.

Bezeichnend sind die Worte des *Sanctorius*, die für seine Zeit im höchsten Grade denkwürdig

waren: „corpus humanum cur vivit et non putrescit? Quia quotidie renovatur.“ Warum lebt der Körper des Menschen, und weshalb unterliegt der lebende Körper nicht der Fäulniss? weil er sich täglich erneuert. Diese Worte beweisen, dass *Sanctorius*, der sein Leben daran wendete, den Stoffwechsel im menschlichen Organismus quantitativ zu erforschen, schon eine tiefe Einsicht hatte in das thierische Leben und die Bedingungen seiner Existenz, — dass er keine geheime Macht oder Kraft berief, um den Körper vor Fäulniss zu schützen.

Die allgemeinen Züge des Chemismus in den Thieren müssen uns noch einige Augenblicke beschäftigen.

In dem Menschen und in allen vollkommneren Thierarten befindet sich eine Flussigkeit, die fortwährend in Bewegung ist. Ich rede vom Blute.

Dieses flüssige Fleisch, wie *Bordeu* es nennt, ist der Mittelpunkt des thierischen Chemismus, — des Stoffwechsels.

Alle Stoffe, die vom thierischen Organismus aufgenommen werden, gehen in das Blut über; keine Substanz kann als Bestandtheil des thierischen Körpers betrachtet werden, ohne vorher ins Blut übergegangen zu sein. Aus den Bestandtheilen des Bluts sind alle Gewebe und Organe, welche

den Körper zusammensetzen, alle Flüssigkeiten, die in demselben abgesondert werden, gebildet; sie verdanken ihren Ursprung dem Blute.

Das Blut ist also der Mittelpunkt zwischen den von Aussen aufgenommenen Substanzen und den Bestandtheilen der Gewebe und Secrete.

Alle Stoffe, die bei dem fortwährenden Wechsel in den Geweben solche Veränderungen erlitten haben, dass sie für diese vielleicht untauglich geworden sind, kehren in das Blut zurück, um auf's Neue Bestandtheile anderer Gewebe zu werden.

Das Blut ist also der Mittelpunkt zwischen Geweben und Geweben.

Alle die letzten Producte des Stoffwechsels, die, wahrscheinlich in den Geweben, unter dem Einflusse des Sauerstoffs zersetzt und für den Organismus untauglich geworden sind, kehren in das Blut zurück, um durch die Lungen, durch die Nieren und die Haut ausgeschieden, und vielleicht auch noch in diesen Organen modificirt zu werden.

Das Blut ist also der Mittelpunkt zwischen den letzten Producten des Stoffwechsels und den Ausscheidungen.

Für den thierischen Chemismus ist das Blut, was die Atmosphäre für den Cyclus des epitellurischen Lebens ist, der wechselseitige Vermittler.

Es darf uns keineswegs wundern, dass die Kenntniss dieser Flüssigkeit, die von allen Seiten empfängt, nach allen Seiten abgiebt, in welcher sich alles vereinigt und von welcher alles ausgeht, noch sehr unvollkommen ist. Welche sind die Bestandtheile, die das Blut den Nahrungsmitteln unmittelbar entnimmt? — Was wird für die Gewebe und Abscheidungen, was für eine jede Elementarform verwendet? — Welche Veränderungen erleiden diese Stoffe, in einem jeden Gewebe und welche können wieder als Bestandtheile auftreten? — Welche sind die letzten Producte des Stoffwechsels, welche die Bestandtheile der Ausscheidungen?

So viele Fragen giebt es, auf welche die Wissenschaft noch keine befriedigende Antwort gegeben hat. Allein die Wissenschaft mag zahlreiche und grosse Lücken anzufüllen haben, es ist schon viel, dass sie sich dessen deutlich bewusst ist, was sie will, und dass sie es verstanden hat, Fragen aufzuwerfen, an denen sie eine treue Führerin haben wird.

Wir können hier den Kreislauf der Materie in dem thierischen Organismus nicht in seinen Einzelnheiten verfolgen. Nur das was aufgenommen und das was entfernt wird, dürfen wir nicht ganz stillschweigend übergehen.

Auf zwei Wegen werden dem Organismus vorzugsweise Stoffe zugeführt, — die gewöhnlichen

Nahrungsmittel und Getränke durch den Magen und den Darmkanal, — der Sauerstoff der Atmosphäre durch die Lungen; dieser Sauerstoff verbindet sich mit den Bestandtheilen, die dem Organismus durch die Nahrungsmittel zugeführt werden.

Wir sehen, dass Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff die Hauptbestandtheile der Pflanzen und Thiere sind, sie sind also auch die Hauptbestandtheile der vegetabilischen, wie der thierischen Nahrung.

Viele dieser Verbindungen, wie Zucker, Gummi, Fett u. s. w. bestehen aus drei der genannten Elemente, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; sie herrschen in den pflanzlichen Nahrungsmitteln vor.

Andere dagegen bestehen aus allen Vieren, aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, wie Eiweiss, Gallerte und andere. Diese bilden den wichtigsten Antheil der thierischen Nahrungsmittel.

Die erste Art, die nicht stickstoffhaltigen nennt *Liebig* Respirationsmittel, und nach seiner Ansicht dienen sie nur dazu, dem Körper die erforderliche Menge Kohlenstoff und Wasserstoff zuzuführen, welcher sich mit dem eingeathmeten Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser verbindet, und hierdurch als die Quelle der thierischen Wärme auftritt.

Die zweite Art, die stickstoffhaltigen nennt er eigentliche Nahrungsmittel, und er scheidet diese so scharf von den vorigen, dass er nur den stickstoffhaltigen die Fähigkeit zuzuschreiben scheint, als Bestandtheile der lebenden Gewebe aufzutreten.

Diese Trennung ist nicht ganz richtig, denn das Fett, — und somit die nicht stickstoffhaltigen Bestandtheile der Nahrungsmittel, die alle in Fett übergehen können, — kann ebenfalls zur Bildung der Gewebe beitragen, indem es einen integrirenden Bestandtheil derselben darstellt, und andrerseits werden der Kohlenstoff und Wasserstoff der stickstoffhaltigen Bestandtheile unserer Nahrungsmittel eben so gut zur Respiration verwendet, wie die nicht stickstoffhaltigen.

Hieraus ergiebt sich, dass alle organische Bestandtheile der Nahrungsmittel sowohl zur Bildung der Gewebe, wie zur Respiration, d. h. zur Verbindung mit Sauerstoff und Entfernung durch die Lungen verwendet werden können, und dass man keine scharfe Trennung zwischen den Respirationsmitteln, und den eigentlichen Nahrungsmitteln, machen kann.

Der Kohlenstoff und Wasserstoff aller unserer Nahrungsmittel, ohne Unterschied, werden zum grössten Theil mit Sauerstoff verbunden, und als Kohlensäure und Wasser ausgeschieden. Kohlen-

stoff und Wasserstoff, als Bestandtheile organischer Stoffe, sind also eigentlich die Respirationsmittel, wenn man dieses Wort beibehalten will; allein in der Regel werden sie dies nicht, bevor sie schon zu anderen Zwecken in dem Organismus gedient haben, bevor sie Bestandtheile lebender Gewebe gewesen sind.

Es kommt also im Organismus eine chemische Verbindung zu Stande zwischen dem eingeathmeten Sauerstoff und dem Kohlenstoff und Wasserstoff der Nahrungsmittel. Die hierdurch erzeugte Kohlensäure, welche durch die Verbindung von Sauerstoff mit Kohlenstoff entsteht, entweicht zum grössten Theil gasförmig durch die Lungen; das Wasser, welches aus Sauerstoff und Wasserstoff in dem Körper gebildet wird, wird mit dem als solches aufgenommenen Wasser, zum Theil durch die Lungen, zum Theil durch die Haut und die Nieren entfernt, während der Stickstoff der Nahrungsmittel den Körper zum grössten Theil durch die Nieren in Form eigenthümlicher Verbindungen verlässt, welche ausserhalb des Körpers einer weiteren Zersetzung unterliegen.

Schliesslich müssen wir uns bei dieser allgemeinen Betrachtung der Functionen erinnern, welche mit dem Stoffwechsel im innigsten Zusammenhang stehen. Ich glaube, dass wir hierbei am zweckmässigsten der Materie folgen können, von der Stelle

an, an welcher sie in den Körper aufgenommen wird, bis dorthin, wo sie den Körper verlässt.

Als Hunger und Durst empfinden wir das Bedürfniss des Körpers an Nahrungsmitteln und Getränken, die wir durch die Mundhöhle und durch das Schlingen dem Magen zuführen. In dem Magen werden sie zu einem gleichmässigen Brei, dem Chymus aufgelöst, welcher in dem Darmkanal durch die Einwirkung verschiedener dort zugeführter und abgeschiedener Flüssigkeiten, in Chylus übergeht, während das Untaugliche durch den Darmkanal aus dem Körper entfernt wird.

Der Chylus wird von den Lymphgefässen im Darmkanal aufgenommen, die sich alle zu einem gemeinschaftlichen Hauptstamm, dem Milchbrustgange, vereinigen, welcher den Chylus in die linke Schlüsselbeinblutader ergiesst. Der hier mit dem Blute vermischte Chylus wird mit dem Blute fortbewegt und weiter in Blut verwandelt.

Das Herz ist der Mittelpunkt der Circulation, ebenso wie das Blut der Mittelpunkt des Stoffwechsels ist. Bei den Menschen und allen warmblütigen Thieren ist die Höhle des Herzens durch eine Zwischenwand in einen rechten und einen linken Theil geschieden, die in keiner Gemeinschaft mit einander stehen.

Aus dem rechten Theile des Herzens wird das venöse Blut durch die Lungenarterie und ihre Aeste

den Lungen zugeführt, und es kehrt als arterielles Blut durch die Lungenvenen zu dem linken Herztheile zurück. Aus dem linken Herztheile wird das Blut in die Aorta getrieben, deren Aeste sich durch den ganzen Körper vertheilen und allen Geweben und Organen arterielles Blut zuführen. Von diesen kehrt dann das Blut durch die Venen, die überall aus den letzten Abtheilungen der Arterien entspringen, und sich zu zwei Hauptstämmen, den Hohladern, vereinigen, zu dem rechten Herztheile zurück.

Die Circulation des Blutes durch die Lungen nennt man den kleinen Kreislauf; die Circulation durch den ganzen Körper nennt man grossen Kreislauf. Beide gehen vom Herzen aus und kehren zum Herzen zurück; wo der eine beginnt, hört der andere auf; sie finden beide ununterbrochen statt, und das nämliche Blut muss nach der Reihe den grossen und den kleinen Kreislauf vollenden. Die Blutmenge, welche durch die Lungen strömt, ist also gleich der Menge, welche durch alle übrige Körpertheile getrieben wird.

Das Herz ist das Hauptorgan, von dessen Zusammenziehung die Kraft abhängt, mit welcher das Blut durch die Lungen und durch den ganzen Körper bewegt wird, um wieder zum Herzen zurückzukehren.

Vorzüglich wichtig sind die feinsten Verästelungen der Arterien, die in allen Geweben ein Netz feiner Röhrchen darstellen, aus welchen wiederum die kleinsten Venen entspringen. Diese für das blosse Auge ganz unsichtbaren kleinen Röhrchen werden Haargefässe genannt, und besitzen die Fähigkeit, ihr Lumen zu verengern und zu erweitern, wodurch eine kleinere oder grössere Blutmenge durch dieselben hindurchgeht. Die Zusammenziehung der Haargefässe geht von dem Nervensystem aus, und kann also unter dem Einflusse einer allgemeinen Stimmung des Nervensystems erfolgen, sie wird aber ebenfalls durch verschiedene Reize und namentlich durch die Einwirkung der Kälte zu Stande gebracht. Diese letztere Eigenschaft der Haargefässe ist für unseren Gegenstand in hohem Grade wichtig.

Die wichtigsten Lebensfunctionen kommen in dem Systeme der Haargefässe zu Stande. In den Lungencapillaren ist das Blut nur durch eine dünne Membran von der eingeathmeten Luft geschieden; hier wird Sauerstoff vom Blut aufgenommen, Kohlensäure und Wasser aus demselben entfernt, und in der hierdurch erzeugten Veränderung des Bluts besteht das Wesentliche der Respiration, — der Uebergang des venösen in arterielles Blut.

In den Capillaren des grossen Kreislaufs, die in allen Körpertheilen, ja in den Lungen selbst

ein selbständiges System bilden, geschieht der wichtige Prozess der Ernährung und Absonderung. Bestandtheile des Bluts dringen bis in die Gewebe ein, während die verbrauchten Stoffe aus den Geweben in das Blut zurückkehren, ein Wechsel, der durch den alle Gewebe tränkenden Nahrungssaft vermittelt wird. Der Nahrungssaft entzieht dem Blute die zur Wiederherstellung der Elementarformen der Gewebe erforderlichen Stoffe und tritt dem Blute die Producte des Stoffwechsels in jenen Grundformen ab. Aus dem Nahrungssafte schöpfen die Elementarformen, was sie zu ihrer Regeneration brauchen; in dem Nahrungssafte werden die zersetzten Stoffe der Elementarformen wieder aufgelöst.

Der Nahrungssaft ist also der Mittelpunkt zwischen dem Blute der Capillaren und den Elementarformen, welche die Gewebe zusammensetzen.

Wo aus dem Blute herrührender Nahrungssaft hingelangt, da kann Wiederstellung und Neubildung stattfinden.

Bei dem Austausch der Bestandtheile zwischen dem Blute und dem Nahrungssaft in den Geweben verwandelt sich das arterielle Blut in venöses, und es muss jetzt von neuem dem Herzen und von hier den Lungen zugeführt werden, damit es durch den Einfluss der atmosphärischen Luft wieder zu arteriellem werde und wieder durch den Körper getrieben werde.

Bei den Amphibien ist der Kreislauf wesentlich von dem der warmblütigen Thiere verschieden. Der rechte und linke Abschnitt des Herzens stehen mit einander in freier Communication, wodurch der wichtige Unterschied erzeugt wird, dass allen Körpertheilen, eben so wie den Lungen arterielles und venöses Blut gemischt zugeführt wird. Das aus den Lungen zurückkehrende arterielle Blut wird im Herzen mit dem venösen Blute, das von allen Körpertheilen zurückströmt, vermischt, damit es sich als solches in den Lungen sowohl, wie in allen übrigen Körpertheilen verbreite.

Auch bei den Fischen geschieht der Kreislauf auf eine andere Weise. Hier sind der kleine und der grosse Kreislauf zu einem Ganzen verbunden. Von dem Herzen aus wird das Blut den Kiemen zugeführt, und es verbreitet sich von hier aus unmittelbar durch alle Körpertheile. Von diesen kehrt es nun wieder zum Herzen zurück, damit es seinen Weg durch die Kiemen und durch den ganzen Körper wieder beginne.

Der Prozess der Respiration findet bei den Fischen in sehr unvollkommener Weise statt. Hier wird das in den Capillargefässen der Kiemen enthaltene Blut von dem mit Sauerstoff geschwängerten Wasser nur umspült, und diesem Wasser wird gewiss viel weniger Sauerstoff entzogen, als die

Lungen der übrigen Wirbelthiere der eingeathmeten atmosphärischen Luft entziehen.

Bei den Insecten strömt das farblose Blut nur zum Theil durch geschlossene Kanäle und es verlässt diese, damit es ein anderes System von Kanälen umspüle, die mit atmosphärischer Luft gefüllt sind und sich an der Oberfläche des Körpers öffnen.

Wir haben jetzt einen allgemeinen Begriff von dem Stoffwechsel und von den Functionen, die am innigsten mit demselben zusammenhängen. Ich will jetzt nur noch besonders hervorheben, dass wir die Capillargefässe als die wichtigsten Organe kennen gelernt haben, durch welche auf verschiedene Weise Stoffe aus dem Blute entfernt werden, die nicht tauglich sind, länger als Bestandtheile des lebenden Organismus aufzutreten.

Nach den obigen Erörterungen wiederhole ich die Frage, worin die Quelle der in den Thieren entwickelten Wärme zu suchen sei.

Der Leser denkt schon an jenen fortwährenden Stoffwechsel, an jene Verbindung der Bestandtheile unserer Nahrungsmittel mit Sauerstoff, an jenen unaufhörlichen Verbrennungsprozess in allem was da lebt. Kohlenstoff, Wasserstoff, auch Schwefel

und Phosphor werden in dem Körper mit Sauerstoff verbunden; viele andere chemische Processe, die man keineswegs übersehen darf, erfolgen in demselben, und die Physik lehrt, dass diese nicht stattfinden können ohne Wärmeentwicklung. Wenn wir nun auf diesen Grund hin annehmen, dass die in Thieren entwickelte Wärme von einer chemischen Wirkung abhängt, so finden wir eine Erklärung für alle die Erscheinungen, die wir beobachtet haben.

Bei vielen Fischen, die dem Wasser nur eine kleine Menge Sauerstoff entziehen können, ist die Eigenwärme nicht einmal zu beobachten.

Bei Insekten, bei welchen die Respiration in Tracheen geschieht, in welchen die Luft zweifelsohne schwer erneuert wird, bei Amphibien, deren Lungen eine kleinere Oberfläche darbieten, bei welchen kein rein arterielles, sondern gemischtes Blut durch die Gewebe fliesst, bei welchen der Nahrungsverbrauch gering, der Stoffwechsel träger ist, fanden wir die Temperatur nur um Weniges höher als die des umgebenden Mediums.

Dagegen ist die Eigenwärme bei den Thieren am höchsten, deren Respiration lebendiger, deren Blut mehr arteriell, deren Nahrung reichlicher ist, und bei welchen der Stoffwechsel am schnellsten seinen Kreis durchläuft. Bei den Säugethieren und den Vögeln finden wir diese Bedingungen vereinigt;

bei den Vögeln indess, die sehr ausgedehnte, aber weniger vollkommene Respirationsorgane besitzen, in geringerem Maasse als bei den Säugethieren, und die höhere Temperatur der ersteren ist wahrscheinlich nur durch ihr dichtes Gefieder bedingt, das sie mehr gegen Abkühlung schützt. Durch Versuche hat man erfahren, dass ihrer Federn beraubte Vögel sehr schnell an Wärme abnehmen und in Folge der Kälte erliegen. Wenn man Nahrung vorenthält, — wie *Gierse* dies bei der Hungerkur, *Chossat* bei seinen schönen Versuchen über Inanition beobachtete, — bei der Ruhe und im Schlaf, in welchem die Respiration weniger kräftig, die Circulation weniger schnell ist, nimmt die Eigenwärme ab; eine gute Ernährung dagegen, die alle Functionen anregt, Bewegung und Muskelanstrengung, die den Stoffwechsel erhöhen, vermehren die Wärme-Entwicklung.

In der Kindheit, wenn alle Verrichtungen und namentlich der Stoffwechsel sehr lebhaft sind, der Puls und die Respiration eine ausserordentliche Schnelligkeit besitzen, der Körper zu einem grösseren Theile aus organischen, leicht brennbaren Stoffen besteht, finden wir die Temperatur erhöht; beim Greise, bei welchem die Ernährung, das Athmen, der Kreislauf und alle Functionen geschwächt sind, und bei welchem der Stoffwechsel wegen des Vorherrschens der anorganischen Bestandtheile be-

schränkter ist, wird die Temperatur in der Regel niedriger.

Alle die Krankheiten, welchen eine erhöhte plastische Thätigkeit zum Grunde liegt, wie das Fieber und die Entzündung, steigern die Temperatur des Körpers, — und wo alle Functionen, und somit auch der Stoffwechsel schwinden, sinkt die Temperatur, wie man an gelähmten Theilen beobachtet.

Diese Thatsachen mögen hinreichen, um zu zeigen, dass es einen nicht zu verkennenden Zusammenhang giebt zwischen der Eigenwärme der Thiere und der Schnelligkeit des Stoffwechsels.

Wenn wir uns fragen, wo, an welcher Stelle des Organismus die Wärme entwickelt wird, so reichen auch hier die Beobachtung und Theorie einander die Hand.

Das arterielle Blut, das aus den Lungen wiederkehrt, hat eine höhere Temperatur als das venöse, das den Lungen zufliesst, trotzdem dass die Wärme, die sich der kalten eingeathmeten Luft mittheilt, die Verdunstung des Wassers, mit welchem die ausgeathmete atmosphärische Luft gesättigt wird, und die aus dem Blute entweichende Kohlensäure alle als Ursachen der Abkühlung zu betrachten sind.

Mit Recht wird also angenommen, dass vor anderen Organen in den Lungen eine Wärmequelle

zu suchen ist, und wir finden diese in den chemischen Verbindungen, die der eingeathmete Sauerstoff schon hier mit den Hauptbestandtheilen des Bluts (den Protein-Verbindungen) eingeht, die ohne Wärme-Entwicklung nicht erzeugt werden können.

Hunter, *Schultz* und namentlich *Davy* haben denn auch gezeigt, dass das venöse Blut sogar ausserhalb des Körpers durch die Berührung mit Sauerstoff eine höhere Temperatur annimmt. *Davy* fand nämlich, dass wenn venöses Blut mit Sauerstoff geschüttelt wird, die Wärme um $\frac{1}{2}$° bis reichlich 1° C. erhöht wird, was wieder vollkommen im Einklang ist mit den Beobachtungen über den Temperaturunterschied zwischen venösem und arteriellem Blut im Körper.

Wenn wir uns die Zusammensetzung des Bluts vorstellen, dann drängt sich uns die Ueberzeugung auf, dass jene wichtige allen Stoffwechsel vermittelnde Substanz, die mit einer erstaunlichen Schnelligkeit unaufhörlich durch den ganzen Organismus fliesst, auch keinen Augenblick in chemischer Ruhe verharrt. Während das Blut durch die Venen fliesst, wird desshalb auch die Wärme-Entwicklung einigermassen fortdauern, und in dem Capillarsystem wird sie neue Nahrung erhalten und sich kräftiger äussern, weil in den Haargefässen das Blut durch Vermittlung des Nahrungssaftes seine Bestandtheile gegen die der Gewebe austauscht,

wodurch die wichtigsten Functionen der Ernährung, Erneuerung und Absonderung, erzeugt werden, indem das arterielle Blut sich in venöses umwandelt und als letztes Produkt des Stoffwechsels wahrscheinlich Kohlensäure gebildet wird.

Wir erkennen also in den Geweben selbst, indem sie im Stoffwechsel begriffen sind, eine neue Wärmequelle. Der wichtigste Grund, der für die Existenz dieser Wärmquelle von *Stevens* beigebracht wurde, ist die hohe Temperatur entzundeter Theile, welche die des hinzugeleiteten Bluts nicht übertreffen könnte, wenn in dem Gewebe selbst keine Wärme entwickelt würde. Später haben *Liebig* und *Dumas*, ohne hinreichende Gründe, die Gewebe selbst beinahe ausschliesslich als den Sitz der Wärme-Entwicklung im Köper bezeichnet, und die Wärme, die in den Lungen erzeugt wird, indem sich der Sauerstoff mit den Bestandtheilen des Bluts verbindet — eine Verbindung die indess in den Lungen nicht vollendet wird — zu sehr in den Hintergrund gedrängt.

Wenn wir annehmen, dass die mittlere Blutmenge, die in jeder Minute durch die Lungen fliesst, 15 Pfund beträgt, was nach *Valentin's* Bestimmungen sogar viel zu wenig wäre, und bei unserer Berechnung von dem Temperaturunterschiede ausgehen, welchen *Becquerel* und *Breschet* zuletzt zwischen arteriellem und venösem Blut in den beiden

Vorhöfen aufgefunden haben, und der nur 0,65° C. beträgt, so finden wir, dass in einem Zeitraum von 24 Stunden die Temperatur von 14040 Pfund Blut in den Lungen um 1° C. erhöht wird.

Die Wärme, die nach *Liebig's* Berechnung — bei welcher 13,9 Unzen Kohlenstoff als mittlerer Verbrauch in 24 Stunden, und die von *Despretz* gefundene Wärme, die sich bei dem Verbrennen des Kohlenstoffs entwickelt, als Grundlage angenommen werden — in dem menschlichen Körper täglich frei wird, soll nur hinreichen, um die Temperatur von 13680 Pfund Wasser um 1° C. zu steigern.

Obgleich die oben berechnete Wärmemenge, welche sich durch die Verbindung des Sauerstoffs mit den Bestandtheilen des Bluts in den Lungen entwickelt, diejenige, welche *Liebig* beinahe für die im ganzen Organismus erzeugte annimmt, sogar übertrifft, trotzdem dass es in den Lungen wichtige Ursachen der Abkühlung giebt, indem das Wasser verdunstet, die Luft sich erwärmt und die Kohlensäure entweicht, glaube ich hieraus nicht schliessen zu dürfen, dass die Quelle der thierischen Wärme ausschliesslich in den Lungen zu suchen ist: — einerseits, weil alle diese Bestimmungen noch weit hinter mathematischer Genauigkeit zurückbleiben, und von *Liebig* bei seiner Berechnung nur die Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff berück-

sichtigt worden ist, die unmöglich aller chemischer Wärme des Körpers entsprechen kann, — andrerseits weil die Wissenschaft andere Gründe besitzt, die eine bestimmte Wärme-Entwicklung in dem Capillarsystem der Gewebe und Organe entscheidend beweisen; — nur glaube ich behaupten zu dürfen, dass die Wärme-Entwicklung, in den Lungen und ihre Verbreitung mit dem arteriellen Blut durch den ganzen Körper von *Liebig* und *Dumas* keinesweges gehörig gewürdigt worden sind.

Wenn die Hauptquelle der Wärme in den Geweben zu suchen wäre, so müsste das venöse Blut, das aus denselben wiederkehrt, wenigstens keine niedrigere Temperatur besitzen, als das hinzuströmende arterielle Blut, was indessen der Fall ist.

Unsere Kenntniss über die chemische Wärme lässt, wie wir später sehen werden, noch Vieles zu wünschen übrig; man hat aber hinlänglichen Grund, anzunehmen, dass bei der Verbindung von Sauerstoff mit einer organischen Materie ein gewisses Wärme-Quantum entwickelt wird, das sich bei einer weiteren Zersetzung oder Verbrennung jener organischen Substanz nicht von Neuem zeigen kann. Nun kommt aber der Sauerstoff chemisch gebunden im Blute vor: der eingeathmete Sauerstoff verbindet sich mit den Bestandtheilen des Bluts. Kohlenstoff und Stickstoff konnte *van Enschut*, in dem luftleeren Raum und im Wasserstoff

gasförmig aus dem Blute erhalten, — keinen Sauerstoff; und ich glaube, dass wir jetzt, nachdem wir die Sauerstoff-Verbindungen des Proteins im Blut kennen gelernt haben, den Resultaten der *van Enschut*'schen Versuche mehr trauen dürfen, als den von *Magnus* und Anderen angestellten, die aus dem venösen, wie aus dem arteriellen Blute freien Sauerstoff erhalten haben wollen.

Es ist auch keineswegs ausgemacht, dass in den Lungen keine Kohlensäure gebildet wird. *Gay-Lussac* hat die Resultate der Versuche von *Magnus* geprüft, und hinlänglich gezeigt, dass aus denselben keineswegs gefolgert werden kann, dass in den Lungen nur die schon gebildete, fertig vorhandene Kohlensäure ausgeschieden, und keine Kohlensäure gebildet wird. *Magnus* scheint selbst eingesehen zu haben, dass seine Resultate nicht befriedigen konnten, da er nach dem von *Gay-Lussac* geführten Angriff neue Versuche versprochen hat. Freilich fanden *Gay-Lussac* und *Magendie,* ebenso wie früher auch *van Enschut* die absolute Menge der Kohlensäure in dem venösen Blute grösser als in dem arteriellen, was wieder für eine Ausscheidung schon gebildeter Kohlensäure in den Lungen zu sprechen scheint. Wie dem aber auch sein möge, der Sauerstoff verbindet sich chemisch mit den Bestandtheilen des venösen Bluts, und wenn das später zu erwähnende *Welter*'sche Gesetz be-

gründet wäre, dass nämlich bei der Verbrennung eines Körpers die Menge der entwickelten Wärme dem verbrauchten Sauerstoff-Quantum proportional sei, so wäre die Wärmequelle nur da zu suchen, wo sich der Sauerstoff mit anderen Stoffen verbindet und also vorzugsweise in den Lungen.

Es ergiebt sich aus dem Obigen, dass wir für den Satz, dass in den Lungen eine hauptsächliche Quelle der thierischen Wärme zu suchen sei, hinreichende directe Beweise beibringen können, während die Wärme-Entwicklung im Capillar-System aller Gewebe und Organe, wenn auch wahrscheinlich, doch nicht mit gleicher Sicherheit nachgewiesen ist.

Ich darf hier eine Beobachtung von *Nasse* nicht übergehen, der das Blut in der linken Kammer bei Vögeln wärmer fand, als in dem Vorhof und den Lungenvenen, und deshalb dem Herzen eine erwärmende Eigenschaft zuzuschreiben scheint. Diese Beobachtungen, welche durch die letzten Bestimmungen *Becquerel's* und *Breschet's* — die zwischen dem Blute der beiden Vorhöfe mit dem Thermometer nur einen Unterschied von 0,65° C. fanden, während sie früher einen mittleren Unterschied von 1,01° C. zwischen dem Blute der Aorta und dem der aufsteigenden Hohlader, auf thermo-electrischem Wege, gefunden hatten — einigermaassen bestätigt

wird, erklärt sich, wie mir scheint, dadurch, dass aller aufgenommener Sauerstoff noch nicht hinlänglich mit dem Blute in den Lungen verbunden wurde, welche Verbindung dann im Herzen, das vom Blute jedenfalls in wenigen Secunden erreicht wird, weiter zu Stande kommt.

Wir sehen, wie die Hypothese, dass die Quelle der thierischen Wärme vorzüglich oder ausschliesslich in einem Verbrennungsprocesse zu suchen ist, einfach und schön ist; sie beruht auf physikalischen Wahrheiten; sie erklärt alle die beobachteten Erscheinungen, sie leistet alles was man von einer guten Hypothese fordern kann, — und dennoch ist sie nicht erwiesen.

So wie wir sie bisher geschildert haben, dürfte es scheinen, als ob unsere Kenntniss der in den Thieren entwickelten Wärme schon gründlich und vollkommen wäre, als ob die Forschungen hier bereits das letzte Ziel erreicht hätten; — allein das ist Schein und lauter Schein!

Wir besitzen sogenannte Bestimmungen der thierischen Wärme, allein eigentlich verdienen sie jenen Namen nicht. Unsere Bestimmungen sind nichts Anderes als Angaben der thierischen Temperatur, der sogenannten Eigenwärme, und es ist ausgemacht, dass diese zu der Quantität der in den Thieren entwickelten Wärme in keinem bestimmten

Verhältnisse stehe. Wir sehen dies schon bei den Vögeln, deren dichtes Gefieder sie so vor Abkühlung schützt, dass sie, obgleich sie wahrscheinlich weniger Wärme entwickeln, dennoch eine höhere Eigenwärme besitzen, als die Säugethiere. Auch für diese sind die natürlichen Hüllen von der höchsten Wichtigkeit; *Becquerel* und *Breschet* sahen Kaninchen bald vor Kälte sterben, wenn ihnen die Haare abgeschoren waren. Ueberall kommt der Zustand der oberflächlich liegenden Körpertheile in Betracht, und man darf den Grad, in welchem diese die Wärme leiten, ebenso wenig übersehen, wie die Kleider, durch welche der Mensch sich gegen die Kälte schützt, und ohne welche er häufig nicht im Stande sein würde, seine Eigenwärme unvermindert zu erhalten.

Wer sieht nicht zugleich ein, dass der Wärmeverlust nothwendiger Weise der Oberfläche der Körper oder Körpertheile proportional sein muss? Wenn man also beobachtet, dass die Nase und die Ohren, die Finger und die Zehen, ja sogar die Hände und die Füsse leichter Kälte empfinden und erfrieren, wird man dann schliessen dürfen, dass in diesen Theilen ein geringeres Wärmequantum entwickelt wird, als in anderen Organen? Gewiss nicht! Die grosse Oberfläche, die sie bei einer geringeren Masse darbieten, muss nothwendiger Weise den Wärmeverlust vermehren.

Alle Thiere, die einen geringen körperlichen Umfang haben, verhalten in dieser Hinsicht in den nämlichen Verhältnissen, und es lässt sich nicht läugnen, dass sie mehr Wärme werden entwickeln oder eben auf die eine oder die andere Weise gegen Abkühlung geschützt sein müssen, um denselben Grad der Eigenwärme zu besitzen, welchen wir bei Thieren, die einen grösseren körperlichen Umfang haben, beobachten.

Wenn viele Fische sogar keine wahrnehmbare Wärme zeigen, so muss man nicht vergessen, dass sie in einem Medium leben, welches ihrem Körper die Wärme viel leichter entzieht, als die trockne atmosphärische Luft, und es verdient jedenfalls Beachtung, dass wir in dem grossen körperlichen Umfang und der abgerundeten Gestalt der warmblütigen Thiere, die in den Meeren leben, die Bedingungen vereinigt finden, damit bei einer grösseren Masse eine kleine Oberfläche vorhanden sei, und somit die Abkühlung von dieser Seite her so viel wie möglich beschränkt werde. Die Riesengrösse der Wallfische in Verbindung mit der vortheilhaftesten Gestalt war erforderlich, um ihre hohe Eigenwärme in dem stark abkühlenden Elemente unverändert zu erhalten, wozu die dicke unter der Haut liegende Fettschichte ohne Zweifel mitwirkt.

Dies Wenige mag hinreichen, um dem Leser zu zeigen, dass es gar viele Ursachen gibt, die auf

die Eigenwärme der Thiere einen wichtigen Einfluss ausüben, und um überzeugend zu beweisen, dass die Temperatur der Thiere keineswegs als Maassstab der entwickelten Wärme betrachtet werden kann.

Es wird hier die Kenntniss der Wärmequanta erfordert, die uns indess gänzlich abgeht.

Wir haben mit Erstaunen gesehen, wie des Menschen Geist so viele interessante Entdeckungen, zu welchen unermüdete Forschungen einer langen Reihe von Jahrhunderten geführt hatten, zu verbinden verstanden hat, um die geringsten Temperaturunterschiede unfehlbar zu entdecken und zu bestimmen; allein wie weit sind wir noch entfernt von genauen, absolut brauchbaren Bestimmungen der Wärmequanta. Man braucht nur die Resultate zu vergleichen, welche verschiedene Physiker erhielten, die sich damit beschäftigt haben, die Wärmequanta zu bestimmen, die bei der Verbindung des Sauerstoffs mit anderen Elementen entwickelt werden, um zur Ueberzeugung zu gelangen, dass die Physik hier noch kaum einen einzigen sicheren Schritt gethan hat.

Die Hypothese, dass die thierische Wärme ausschliesslich auf einem Verbrennungsprocess im Organismus beruht — dass sie nur chemische Wärme ist, — wird indess nicht eher als erwiesen betrachtet werden dürfen, bis die Wissenschaft gezeigt

haben wird, dass das Quantum der in dem Thierkörper entwickelten Wärme der hier stattfindenden chemischen Wirkung vollkommen entspricht.

Diese Kenntniss besitzen wir aber nicht. Von keinem einzigen Elemente wissen wir mit Bestimmtheit, wie viel Wärme bei seiner Verbindung mit Sauerstoff entwickelt wird; von keinem einzigen der Bestandtheile unserer Nahrungsmittel oder Körpertheile ist die bei der Verbrennung entstehende Wärmequantität hinlänglich bekannt; von keinem einzigen Thier können wir die Wärme, welche es unter den gewöhnlichen Verhältnissen erzeugt, in Zahlen ausdrücken, die man als sicher betrachten kann; — ja, es scheint, dass die Mittel um Wärmequanta, zumal bei der Verbrennung, bei welcher gasförmige Produkte entstehen, zu bestimmen, noch so unvollkommen sind, dass wir nicht sobald eine genaue Kenntniss der Wärmequanta und eine gründliche Prüfung der Hypothese, welche die thierische Wärme ausschliesslich als chemische Wärme betrachtet, erwarten können.

Hier finden wir also bestätigt, was ich im Eingang meiner Abhandlung behauptete, dass wir nur von den Fortschritten der Physik und Chemie eine nähere Aufklärung erwarten dürfen, wo unsere Kenntniss über die Eigenwärme und ihre Quelle noch mangelhaft und unvollkommen ist.

An Versuchen fehlt es indess nicht. Aus den Untersuchungen von *Lavoisier, Laplace* und *Rumford*, namentlich aber aus denen von *Despretz* glaubte *Welter* das Gesetz ableiten zu dürfen, dass die beim Verbrennen entwickelte Wärmemenge der Quantität des verbrauchten Sauerstoffs proportional ist.

Unter den von *Despretz* erhaltenen Resultaten gab es schon einige, z. B. die beim Verbrennen des Phosphors und Schwefels, welche diesem Gesetze widersprachen, und auch die Untersuchungen von *Dulong, Favre* und *Silbermann, Crawford* und Anderen haben es keineswegs bestätigt. Um uns hiervon zu überzeugen, wollen wir auf die von *Dulong* überlieferten Ergebnisse einen Blick werfen; wir finden dann dass, ein Kubikfuss Sauerstoff, wenn er zum Verbrennen von Kohlenstoff angewendet wird, 7858, zum Verbrennen von Wasserstoff 6204, und zum Verbrennen von Schwefel nur 3744 Wärme-Theile entwickelt, — und wenn wir hiemit wieder die abweichenden Resultate anderer Forscher vergleichen, so müssen wir, wie ich glaube, eingestehen, dass die Wissenschaft hier noch keine Zahlen besitzt.

Und dennoch ist man schon weiter gegangen. *Despretz* hat es schon vor mehren Jahren versucht, die Hypothese über die chemische Quelle der Ei-

genwärme der Thiere zu prüfen und hat zu dem Ende mehr als 200 Bestimmungen gemacht.

Er sperrte junge und alte Enten, Hühner, Tauben, Elstern, Hunde, Katzen und Kaninchen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden lang in einen mit Wasser umgebenen kupfernen Kasten ein, durch welchen mit Hülfe zweier Gasometer ein beständiger Luftstrom geführt wurde; die Temperatur dieser Luft, ihre Quantität und ihre Zusammensetzung wurden vor und nach dem Versuch bestimmt. Das Gewicht des kupfernen Kastens war bestimmt, und die Temperatur des umgebenden Wassers wurde vor und nach dem Versuche genau bestimmt. Nun wurde die Zunahme der Wärme verglichen mit der Wärmemenge, welche durch die Erzeugung der gebildeten Kohlensäure und des wahrscheinlich gebildeten Wassers entwickelt sein konnte. In Betreff der Wasserbildung in dem Organismus nahm *Despretz* an, dass der während des Versuchs verschwundene Sauerstoff, der nicht zur Bildung der gefundenen Kohlensäure-Menge erfordert wurde, sich mit Wasserstoff zu Wasser verbunden hatte.

Die Resultate dieser Versuche und Berechnungen waren der erwähnten Hypothese sehr günstig; er fand nämlich, dass $\frac{7}{10}$ bis $\frac{9}{10}$ der in den Thieren entwickelten Wärme von der Verbrennung des Kohlen- und Wasserstoffs im Organismus hergeleitet werden konnte.

Der Leser wird aber zugeben, dass man den Resultaten dieser Versuche keinen sehr grossen Werth beilegen darf, und dass man nicht annehmen kann, sie hätten die Frage erledigt.

Wir wollen nicht reden von der möglichen Temperatur-Abnahme des Thiers während des Versuchs — zumal der oberflächlichen Theile, — von der weniger geeigneten Atmosphäre, in welcher das Thier sich aufhielt (denn der leise, fortwährende Strom konnte wohl nicht hinreichen, um die Zusammensetzung der Luft in dem Kasten unverändert zu erhalten); ich will nicht reden, von allen den Fehlerquellen, die bei einem so zusammengesetzten Apparat und so vielen Bestimmungen unvermeidlich waren; sondern ich will nur auf dasjenige aufmerksam machen, was bei diesen Versuchen als bekannt vorausgesetzt werden musste, damit man überhaupt zu Resultaten hätte gelangen können. Zunächst dass aller aufgenommene Sauerstoff, der sich nicht in der ausgeathmeten Kohlensäure findet, sich mit Wasserstoff in dem Körper verbunden hat, zweitens wie viel Wärme bei der Verbindung einer bestimmten Kohlenstoff- und Wasserstoffmenge, welche die organischen Bestandtheile zusammensetzen, mit Sauerstoff entwickelt wird, drittens endlich die specifische Wärme des Wassers, des Kupfers und der ausgeathmeten Gase.

Wenn es wahr ist, dass unser Wissen hinsichtlich aller dieser Punkte noch Vieles zu wünschen übrig lässt, — und dies kann nur bejaht werden, — so bedarf es keiner weiteren Beweise, um zur Ueberzeugung zu gelangen, dass wir den Resultaten der Versuche und Berechnungen von *Despretz* keinen entscheidenden Werth beilegen können.

Ich habe geglaubt, vor allen Dingen darauf aufmerksam machen zu müssen, dass unser Wissen hier nicht jenen Grad der Vollkommenheit erreicht hat, dass man den rein chemischen Ursprung der thierischen Wärme als bewiesen, als unläugbar bewiesen betrachten dürfte, wie das in unseren Tagen wiederholt geschehen ist. So schön und einfach diese Hypothese auch sein mag, so trefflich sich ein innerer Zusammenhang zwischen so vielen Erscheinungen bei dieser Vorstellung ergeben möge, so grosse Wahrscheinlichkeit sie auch bietet, so lange der directe Beweis mangelt — bleibt es eine Hypothese, die nur dann heilsam auf die Fortschritte der Wissenschaft einfliessen kann, wenn man sie sich als nicht erwiesen vorstellt, und wenn grade dadurch eifrige Versuche veranlasst werden, um die erforderlichen Beweise in der Natur aufzusuchen, — keineswegs, wenn man ihr unter den anerkannten Wahrheiten eine Stelle einräumt!

Nichts kann wohl auf den ersten Anblick unsere Bewunderung in höherem Grade erregen als die grosse Beständigkeit der Temperatur der inneren Theile der warmblütigen Thiere und des Menschen, die so vielen Schwankungen der Kälte und der Wärme ausgesetzt sind, — im eisigsten Winter wie im heissesten Sommer, in der Nähe der Pole wie zwischen den Wendekreisen.

Diese Beständigkeit darf keineswegs als etwas Zufälliges betrachtet werden, sie ist eine der Lebensbedingungen der warmblütigen Thiere, deren Verrichtungen nur bei dieser Temperatur zu Stande kommen können; und die Mittel, welche dem Organismus der warmblütigen Thiere und des Menschen natürlich zukommen, und durch welche beinahe die ganze Oberfläche der Erde, auf welcher so wichtige Temperaturunterschiede vorkommen, für dieselben bewohnbar wird, verdienen in jeder Hinsicht unsere Aufmerksamkeit und unsere Bewunderung.

Im Allgemeinen denkt man sich die thierischen Körper als eine erwärmte Masse, die zu den kälteren oder wärmeren Körpern, welche dieselben umgeben, in demselben Verhältniss steht, wie jeder andere Körper. Man nimmt an, dass die Abkühlung um so stärker sein wird, je kälter das umgebende Medium ist, und man schliesst hieraus, dass bei einer kälteren Temperatur mehr Wärme im

Körper entwickelt werden muss, damit eine gleichmässige Temperatur erhalten werde.

Ein solcher Schluss ist aber keineswegs gerechtfertigt. — Wenn uns die Beobachtung lehrt, dass bei einer kälteren Temperatur der Luft die Wärme des Bluts unverändert bleibt, so dürfen wir hieraus nur ableiten, dass entweder die Entwicklung der Wärme in dem Körper in der Kälte zunimmt und bei der Wärme abnimmt, oder aber der Wärmeverlust bei verschiedener Temperatur der Luft gleich ist, oder aber dass beide als Ursachen auftreten und vereint dazu beitragen, das Gleichgewicht zwischen der Entwicklung und dem Verlust der Wärme für die inneren Theile unter beinahe allen Verhältnissen constant zu erhalten.

Wir werden sehen, dass der Wärmeverlust bei verschiedener Temperatur keine so bedeutende Schwankungen erleidet, wie man bei einer oberflächlichen Betrachtung vermuthen möchte. Die Wärme-Entwicklung möge bei äusserer Kälte einigermassen zunehmen, — die Hauptursache der Gleichmässigkeit der inneren Temperatur liegt unwidersprechlich darin, dass bei einer kälteren Luft der Wärme-Verlust nicht entsprechend gesteigert wird, sondern nach der ersten Abkühlung der Haut ungefähr gleich bleibt.

Um diesen Satz gründlich zu beurtheilen, müs-

sen wir zwei wichtige Punkte einer näheren Prüfung unterwerfen.

Nehmen wir erstlich an, dass die thierische Wärme hauptsächlich auf einem Oxydationsprocess, — auf der Verbindung des eingeathmeten Sauerstoffs mit den Bestandtheilen der aufgenommenen Nahrungsmittel und der thierischen Gewebe — beruht, so haben mir die Frage, in wie fern die Kraft dieser Quelle in Folge äusserer Kälte und Wärme modificirt werden kann. Zweitens, auf welche Weise verliert der Körper fortwährend entwickelte Wärme, und in wiefern hängt dieser Verlust von der Temperatur der Luft ab.

Was die erste Frage betrifft, so scheint mir diese höchst einfach zu sein. Wenn die entwickelte Wärme ihren Grund in einem Oxydationsprözess hat, so muss sie der Menge des durch die Respiration aufgenommenen Sauerstoffs proportional sein. Vermehrt sich diese, so nimmt die Verbrennung und mit dieser zugleich die Wärme-Entwicklung nothwendiger Weise zu; wenn sie abnimmt, so findet das Umgekehrte statt. Die erste Frage muss also auf die folgende zurückgeführt werden: wodurch kann die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs sich verändern, und welchen Einfluss kann eine kältere Luft auf diese Menge ausüben?

Wenn ich mich nicht irre, so können wir uns zwei ganz verschiedene Ursachen denken, welche

modificirend auf die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs einwirken. Die erstere liegt im Körper selbst und beruht auf dem Zustande des Bluts und der Schnelligkeit des Blutstroms durch die Lungen. Die zweite könnte in der Beschaffenheit der Luft liegen, welche wir einathmen.

Hinsichtlich des Einflusses der eingeathmeten Luft haben die Versuche *Schroeder van der Kolk's* gelehrt, dass das Blut von Thieren, die eine Zeit lang in Sauerstoffgas verweilt hatten, arterieller geworden war, was die directen Versuche von *Allen* und *Pepys* bestätigt, nach welchen hierbei eine grössere Menge Sauerstoff aufgenommen war. Neuerdings hat *Vierordt* Versuche mitgetheilt über die Kohlensäure-Menge, die in einer Minute bei willkührlich langsamer und beschleunigter Respiration entfernt wurde, und er erhielt hierbei die nämlichen Resultate wie *Allen* und *Pepys*. Wenn ich mir gleich nur schwer denken kann, dass *Vierordt* bei 80 In- und Exspirationen in der Minute jedesmal eine gleich grosse Menge Luft aufnahm und entfernte, wie bei einer gewöhnlichen In- und Exspiration, und wenn ich gleich ausserdem glaube annehmen zu müssen, dass er, wenn er diese beschleunigte Respiration über einen längeren Zeitraum als den einer Minute ausgedehnt hätte, sehr abweichende Resultate bekommen haben würde, so scheint dennoch mit hinlänglicher Gewissheit dar-

aus hervorzugehen, dass, bei einer willkührlich beschleunigten Respiration, die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure und hierbei zugleich die des aufgenommenen Sauerstoffs bedeutend zunehmen kann; vielleicht gilt dies aber nur für einen sehr kurzen Zeitraum, nach welchem sich die Respiration wieder unwillkührlich so verändern wird, wie es das Bedürfniss des Körpers erheischt.

Wenn man den Rhythmus der Respiration auf einige Augenblicke willkührlich beschleunigt, so wird man bemerken, dass man, nach vollendeter Inspiration eine ziemlich lange Zeit aushalten kann, ohne von Neuem Athem zu schöpfen, und dass man hiermit sogar unwillkührlich etwas länger wartet als gewöhnlich. Der Einfluss einer beschleunigten Respiration auf die Zusammensetzung der Luft in den Lungen ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass nach der Exspiration eine bedeutende Luftmenge in den Lungen zurückbleibt, die einige Procente Kohlensäure und um so viel weniger Sauerstoff enthält, mit welchem bei jeder Inspiration eine viel geringere Luftmenge vermischt wird, die so ziemlich frei von Kohlensäure ist.

Man sieht dann sogleich ein, dass in Folge einer beschleunigten Respiration die in den Lungen vorhandene Luft, welche fortwährend den Process der Respiration vermittelt, reicher an Sauerstoff und ärmer an Kohlensäure werden muss, und

man kann hieraus sowohl das Bedürfniss, um nach beschleunigtem Rhythmus von neuem einzuathmen, wie die Zunahme des aufgenommenen Sauerstoffs in *Vierordt*'s Versuchen erklären. Denn, wenn bei diesen Versuchen die in den Lungen vorhandene Luft mehr Sauerstoff enthält als gewöhnlich, so liegt darin eine Uebereinstimmung mit der Respiration in Sauerstoffgas, die also dieselbe Folge haben musste, und hierbei sahen wir, dass eine grössere Menge Sauerstoff aufgenommen wurde.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass wenn die Luft, welche eingeathmet wird oder in den Lungen enthalten ist, mehr Sauerstoff enthält als gewöhnlich, der Verbrennungsprocess auch wahrscheinlich gefördert wird.

Hinsichtlich des Einflusses der Kälte nun kann eine willkührlich beschleunigte Respiration nicht in Betracht kommen, da doch der Rhythmus der Respiration bei einer jeden Temperatur durchaus unwillkührlich ist. Es ist hier also nur die Frage, ob eine kältere Luft direct die Sauerstoffaufnahme beschleunigt, und ich glaube diese Frage negativ beantworten zu müssen. Freilich hat die Luft bei einer niedrigeren Temperatur eine grössere Dichtigkeit, und werden 20 bis 30 Kubik Zoll, die bei einer jeden Inspiration in der Regel aufgenommen werden, mehr Gewicht haben und also auch mehr Sauerstoff enthalten, wird aber hierdurch eine grös-

sere Luftmenge in die Lungen eingeführt werden? Unwidersprechlich könnte dies nur dann der Fall sein, wenn diese Luft bis in die Lungenbläschen eindränge, ohne erwärmt zu werden, und eine nähere Betrachtung des Mechanismus der Respiration wird uns überzeugen, dass dies keineswegs der Fall ist. Wir sahen schon, dass bei der Exspiration nur ein kleiner Theil der in den Lungen vorhandenen Luft entfernt wird, so dass der grösste Theil, der den fortwährend andauernden Respirationsprocess vermittelt, in den Lungenbläschen zurückbleibt. Beim Anfange der Inspiration wird die erwärmte Luft, die in den grösseren und kleineren Luftröhrenästen, in der Rachen-, Nasen- und Mundhöhle vorhanden ist, zuerst in die Luftbläschen eintreten, und erst darauf wird die von aussen aufgenommene Luft, welche durch die Nasenhöhle, die Rachenhöhle, den Kehlkopf, durch die grösseren und kleineren Luftröhrenäste eingezogen ist, zu einem kleinen Theil mit der in den Luftbläschen vorhandenen Luft vermischt werden. Wird diese nun nicht bereits die Temperatur des Körpers angenommen haben, und dürfen wir also nicht sicher schliessen, dass, wenn in der Regel 20 bis 30 Kubik Zoll warme Luft eingeathmet werden, bei einer gleichen Ausdehnung des Brustkastens weniger als 20 bis 30 Kubik Zoll der kalten atmosphärischen Luft bis in die Lungen dringen? —

Ich glaube, dass dieser Schluss keines näheren Beweises bedarf. Wenn auch die kalte Luft, als solche, bis in die Lungen eindränge, so würde sie hier wenigstens, indem sie sich den Lungenbläschen nähert, rasch erwärmt werden; hieraus ergibt sich aber aufs deutlichste, dass nur durch eine grössere Ausdehnung des Brustkastens, das heisst durch eine tiefere Inspiration eine grössere Menge Luft in die Lungen aufgenommen werden kann. Wir können uns indess nicht denken, wie eine kältere Luft darauf einen directen Einfluss ausüben sollte.

Anders verhält es sich mit dem Unterschiede des Drucks der Atmosphäre. Bei einem höheren Barometerstande ist die Luft dichter und sie enthält also ebenfalls mehr Sauerstoff in einem gleichen Volumen, wodurch unter gleichen Umständen eine grössere Luftmenge in die Lunge gelangen und die Aufnahme des Sauerstoffs vielleicht gefördert werden könnte.

Wenn ich mir aber die Respiration als eine ganz unwillkührliche Verrichtung denke, durch welche die Bedürfnisse des Organismus fortwährend befriedigt werden, so bin ich gezwungen anzunehmen, dass sowohl der Rhythmus der Respiration, wie die Ausdehnung des Brustkastens, von einem inneren Zustande abhängen, wodurch grade die Bewegungen entstehen, die erfordert werden, damit die in den Lungen vorhandene Luft eine solche

Zusammensetzung behalte, wie sie die Umwandlung des durch die Capillaren strömenden venösen Bluts in arterielles erheischt, und ich kann es mir durchaus nicht denken, dass unter den gewöhnlichen Verhältnissen geringe Abweichungen in der Dichtigkeit der Luft oder selbst in dem Sauerstoffgehalt irgend einen Einfluss auf die Menge des verbrauchten Sauerstoffs haben sollten.

Wenn die Schnelligkeit und die Tiefe der Respiration durch einen inneren Zustand bedingt werden, so muss die Zusammensetzung der in den Lungen vorhandenen Luft den Rhythmus beherrschen; daraus folgt aber, dass ein geringerer Sauerstoffgehalt der eingeathmeten Luft durch eine schnellere Respiration compensirt werden wird. Wir sehen dies an Thieren, die, in einem abgeschlossenen, mit atmosphärischer Luft angefüllten Raum eingesperrt, allmälig um so schneller zu athmen beginnen, je mehr die Menge der Kohlensäure in der umgebenden Luft zunimmt; so lange aber die Zusammensetzung der in den Lungen enthaltenen Luft, die immer einige Procente Kohlensäure enthält, durch die unwillkührlich beschleunigte Respiration gleichmässig erhalten werden kann, wird der chemische Process der Respiration unverändert fortdauern und werden alle Lebensfunctionen ungestört erfolgen.

Ich kann meine Ansicht darüber, die sich auf die obigen Betrachtungen gründet, mit wenigen

Worten ausdrucken. Sie lautet folgendermaassen: unter den gewöhnlichen Verhältnissen werden unwillkührlich solche In- und Exspirations-Bewegungen vollzogen, wie sie erfordert werden, damit sich die Zusammensetzung der in den Lungen enthaltenen Luft gleichmässig erhalte. Dieses zugegeben, kann man schliessen, dass die gewöhnlichen Veränderungen in der Dichtigkeit der Atmosphäre, sie mögen nun von Schwankungen in der Temperatur oder im Drucke abhängen, keinen directen Einfluss auf den Verbrauch des Sauerstoffs haben können, weil die Zusammensetzung der in den Lungen vorhandenen Luft mittelst des veränderten Rhythmus der Respiration unverändert bleiben kann. *Parrot* hat bemerkt, dass der Puls schneller wird, je höher man sich uber den Meeresspiegel erhebt, und da die Schnelligkeit der Respiration bei einem gesunden Zustande der Respirationsorgane der Schnelligkeit des Pulses proportional ist, so darf man annehmen, dass auf hohen Bergen der Verlust, den eine dünnere Luft bedingen würde, durch einen beschleunigten Respirationsrhythmus compensirt wird.

Wenn ich nun auf diese Gründe hin annehme, dass die Menge des verbrauchten Sauerstoffs hauptsächlich nur durch innere Ursachen zunehmen kann, so darf ich vertrauen, dass ich bei meinen Lesern nicht auf Widerspruch stossen werde.

Worin bestehen nun jene inneren Ursachen?

Das Blut ist die Flussigkeit, welche der in den Lungenbläschen enthaltenen Luft den Sauerstoff entzieht, der durch die Respirationsbewegungen von Neuem zugeführt werden muss, und die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs kann folglich, bei einer gleichmässigen Zusammensetzung der in den Lungen enthaltenen Luft, nur von der durch die Lungen strömenden Blutmenge und der chemischen Beschaffenheit des Bluts abhängen.

Alles was die Circulation beschleunigt, muss also den Sauerstoffverbrauch und die Wärme-Entwicklung fördern. Auf diese Weise nimmt bei einer kräftigen Ernährung und einer gesunden Verdauung, durch Bewegung und Anstrengung, die den Stoffwechsel steigern, der Verbrauch des Sauerstoffs zu, weil das Blut rascher kreist, die Respiration frequenter und tiefer wird. Bei Fiebern und Entzündungen, bei erregenden Affecten, beim Gebrauche reizender Speisen muss auf gleiche Weise der Verbrauch des Sauerstoffs und die Wärme-Entwicklung zunehmen. Wir haben gesehen, dass eine kältere Luft die Sauerstoffaufnahme nicht direct fördert, wir wissen aber, dass Kälte den Appetit steigert, uns zu körperlicher Bewegung und Muskel-Anstrengung spornt, und hierin finden wir eine unverkennbare Wärmequelle, auf welche die kältere umgebende Luft wenigstens einen mittelbaren Einfluss ausübt.

Allein die Menge des durch das Blut aufgenommenen Sauerstoffs wird nicht nur durch die Schnelligkeit des Blutstroms, nicht nur durch die Blutmenge, welche durch die Lungen getrieben wird, bedingt werden, sondern auch die chemische Zusammensetzung des Bluts muss darauf einen Einfluss haben, und diese muss durch die Natur und die Menge der verbrauchten Nahrung, deren Bestandtheile in das Blut übergehen, modificirt werden. Der Chylus, der in dem Magen und dem Darmkanal aus den Nahrungsmitteln bereitet wird, und sich in das Blut ergiesst, hat einen viel bedeutenderen Fettgehalt, als das Blut; und schon dies reicht hin, um die Annahme sehr wahrscheinlich zu machen, dass das Fett in höherem Grade als andere Stoffe die Eigenschaft besitzt, sich mit dem eingeathmeten Sauerstoff zu verbinden und sich in dem Organismus zu Kohlensäure und Wasser zu verbrennen. Auch haben *Chossat's* Versuche aufs deutlichste gelehrt, was schon aus tagtäglicher Erfahrung hinlänglich bekannt ist, dass das Fett des thierischen Körpers bei Mangel an Nahrung mehr als irgend ein anderes Gewebe abnimmt. Weiter fanden *Gluge* und *Thiernesse*, dass mässige Oelmengen, die in das Blut eingespritzt oder auf andere Weise in den Körper eingeführt wurden, ohne Nachtheil ertragen wurden und bald verschwanden, während grössere Mengen, die durch den Darm-

kanal aufgenommen waren, hauptsächlich in den Lungen abgesetzt wurden und einige krankhafte Erscheinungen erzeugten, die später, beim Verschwinden des Fetts, auch wiederum verschwanden. Sie glaubten auch zu bemerken, dass durch die Darreichung mässiger Fettmengen die Function der Lungen gesteigert wurde.

Wenn nun unsere Nahrungsmittel viel Fett enthalten, das mit dem Chylus in das Blut übergeht, dann ist es höchst wahrscheinlich, dass das durch die Lungen strömende Blut der darin verhandenen Luft mehr Sauerstoff entziehen wird. Die Kohlensäure-Menge, welche bei dieser Verbrennung des Fetts gebildet wird, wird der Menge des aufgenommenen Sauerstoffs nicht entsprechen, da ein grosser Theil dieses Sauerstoffs eine Verbindung mit dem Wasserstoff des Fetts eingehen und die Bildung von Wasser bedingen kann. Hierdurch wird die in den Lungen vorhandene Luft zwar einen grossen Verlust an Sauerstoff erleiden, allein die Kohlensäure-Menge wird nicht in gleichem Maasse zunehmen, so dass der Stickstoff in der ausgeathmeten Luft relativ vorherrscht *).

*) Aus dieser einfachen Betrachtung folgt aufs deutlichste, dass unsere bisherige Kenntniss des Stoffwechsels hinreicht, um schon a priori zu schliessen, dass kein bestimmtes Verhältniss existirt zwischen der Menge des durch die Lungen aufgenommenen

Ich glaube, dass hierdurch der Schluss hinlänglich begründet ist, dass durch den Gebrauch fetter

Sauerstoffs und der aus denselben verschwindenden Kohlensäure, und dass dieses Verhältniss durch die Natur der Nahrungsmittel modificirt werden muss. Bei der Aufnahme fetter Speisen wird, ebenso wie bei völliger Abstinenz, bei der namentlich das Fett des Körpers verbraucht wird, ein viel grösseres Volumen Sauerstoff aufgenommen werden, als dem der ausgeathmeten Kohlensäure entspricht, da sich in diesem Falle ein nicht unwichtiger Theil des eingeathmeten Sauerstoffs mit dem Wasserstoff des Fetts zu Wasser verbindet. *Dulong*, in dessen Versuche die Naturforscher ein sehr grosses Vertrauen setzen, hat denn auch gefunden, dass die Menge des verbrauchten Sauerstoffs die der ausgeathmeten Kohlensäure bei Pflanzenfressern nur um $^1/_{10}$, bei Fleischfressern um $^1/_5$ bis $^1/_2$ übertraf. Dieses Resultat stimmt vollkommen zu der Natur der Nahrungsmittel. Die meisten vegetabilischen Nahrungsmittel enthalten nur eine geringe Menge Fett- und Protein-Verbindungen, deren Wasserstoff eingeathmeten Sauerstoff erfordern könnte, während die stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen, Stärkmehl, Zucker, Gummi, u. s. w. die erforderliche Sauerstoffmenge enthalten, um mit dem vorhandenen Wasserstoff Wasser zu bilden. Die thierischen Nahrungsmittel, die beinahe ausschliesslich aus Protein und Fett zusammengesetzt sind, müssen, wenn sie im Organismus verbrannt werden, eine bedeutende Sauerstoffmenge aufnehmen, die zur Verbindung mit dem Wasserstoff der Nahrungsmittel angewandt wird, weil in Protein und Fett nicht so viel Sauerstoff enthalten ist, wie der vorhandene Wasserstoff erfordert, um Wasser zu bilden

Speisen die Sauerstoff-Aufnahme und damit zugleich die Wärme-Entwicklung gefördert wird, eine An-

---

Es muss uns also wundern, dass *Valentin* und *Brunner*, ohne die Zusammensetzung der Nahrungsmittel zu berücksichtigen, eine Reihe von Untersuchungen angestellt haben, um das Verhältniss zwischen dem Volumen des aufgenommenen Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure zu bestimmen; allein unsere Verwunderung erreicht ihren Gipfel, wenn wir sehen, dass *Valentin* aus den ziemlich übereinstimmenden Resultaten jener Versuche schliesst, dass der Austausch der Kohlensäure und des Sauerstoffs bei der Respiration nach dem *Graham*'schen Diffusionsgesetze stattfindet, und darauf hin die gefundenen Zahlen sogar corrigirt. Es fehlen ja alle Bedingungen zur Diffusion, die zum *Graham*'schen Gesetze erfordert würden, und man kann es nur als höchst zufällig betrachten, dass *Valentin* und *Brunner* bei allen ihren Bestimmungen die Menge der entfernten Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffs den Quadratwurzeln der Dichtigkeit jener beiden Gasarten umgekehrt proportional fanden

Wenn dieses Gesetz Anwendung finden soll, so müssen 1) die beiden Gase frei vorhanden sein, 2) unter gleichem Drucke verkehren, und 3) nicht durch eine feuchte Wand getrennt sein. Alle diese Bedingungen fehlen hier und bei feuchten Membranen beruht die Diffusion, wie *Mitchell's* Versuche überzeugend nachgewiesen haben, hauptsächlich auf der Löslichkeit der Gase in der Flüssigkeit, mit welcher die Membranen getränkt sind. Man bringe nur eine feuchte Blase, die mit Sauerstoff, oder besser noch mit Wasserstoff gefüllt ist, in eine Kohlensäure-Atmosphäre, so wird man finden, dass die Blase sich bis zum Bersten spannt, weil die Kohlensäure in Was-

sicht, die durchaus im Einklange steht mit der grossen Fettmenge, welche die nördlichen Bewohner der Erde geniessen, während dieser Bestandtheil in der vegetabilischen Nahrung der Bewohner südlicher Gegenden sehr spärlich vorkommt. Man wird auch bemerkt haben, dass im Sommer viel rascher eine Abneigung gegen fette Speisen entsteht als im Winter *).

---

ser löslicher ist als Sauerstoff und Wasserstoff. Wenn hier das *Graham*'sche Gesetz sich anwenden liesse, so müsste der specifisch leichtere Sauerstoff oder Wasserstoff rascher diffundiren, während das Umgekehrte statt findet, woraus man schliessen darf, dass sich *Graham*'s Gesetz nicht auf den Austausch des Sauerstoffs und der Kohlensäure in den Lungen anwenden lässt, und dass die Resultate der Versuche *Valentin*'s und *Brunner*'s einem Zufalle zugeschrieben werden müssen, der bei einer anderen Ernährung nicht stattgefunden haben würde.

*) *Schultz*, dessen Mittheilungen *Minding* nach *Simon*'s Tode offenbar aus Mangel an Stoff in *Simon*'s Beiträge zur physiologischen und pathologischen Chemie und Mikroskopie wohl hat aufnehmen wollen, zieht hier (S. 581 und folgende) mit Recht gegen den chemischen Ursprung der thierischen Wärme und mehrere andere Dinge zu Felde. Jede Seite zeigt mehr als hinlänglich, dass *Schultz* sein Augenmerk hier weniger auf die Wahrheit gerichtet hat, als auf eine Widerlegung der *Liebig*'schen Ansichten, gleichgültig wie diese erreicht würde.

Ich würde darüber kein Wort erwähnen, wenn nicht vor kurzem Herr *Gobée* Herrn *Bosch* mit den unbrauchbaren Waffen von *Schultz* angegriffen hätte

In wie ferne andere Bestandtheile der Nahrungsmittel die Aufnahme des Sauerstoffs fördern oder nicht, lässt sich schwer entscheiden.

(Kliniek, D. I. P. 304 und folg.). Ich will hier kein weiteres Urtheil fällen über den Streit, der sich zwischen jenen Herren entsponnen hat, nur glaube ich, dass es Pflicht ist, Irrthümer aufzudecken, wenn sich dazu eine so passende Gelegenheit bietet wie hier. Ohne irgendwie die Frage zu entscheiden, ob die Europäer in einem warmen Klima ihre Gesundheit und ihr Leben erhalten können, will ich nur zeigen, dass die Behauptung von *Schultz* und *Gobée*, thierische Nahrung sei zur Wärme-Entwicklung weniger geeignet, eine durchaus unbegründete ist.

1° Ist es unrichtig, dass die Hauptbestandtheile vegetabilischer Nahrungsmittel mehr Kohlenstoff enthalten, als Protein und Fett, welche die Hauptbestandtheile der animalischen Nahrung darstellen. Man vergleiche nur die procentische Zusammensetzung des Proteins und namentlich des Fetts, mit der der Cellulose, des Stärkmehls, des Gummis, des Zuckers, des Pectins, u. s. w.

2° Ist es schon aus den Untersuchungen von *Boussingault* unleugbar hervorgegangen, dass auch Wasser im thierischen Organismus gebildet wird.

3° Ist es wahrscheinlich, dass die genannten stickstofffreien Bestandtheile der Pflanzen beim Verbrennen wenig Wärme entwickeln, weil sie einen grossen Sauerstoffgehalt chemisch gebunden enthalten, der allein schon hinreicht, um allen ihren Wasserstoff in Wasser zu verwandeln. Wenn *Welter's* Gesetz begründet ist, so entwickeln sie nur so viel Wärme, als durch das Verbrennen des in den Nah-

Als allgemeines Resultat können wir aus dem Obigen folgern, dass eine kalte Temperatur die

---

rungsmitteln enthaltenen Kohlenstoffs als Element erzeugt wird.

4° Protein und Fett werden beim Verbrennen mehr Wärme entwickeln, weil sie wenig Sauerstoff enthalten. Für Fett, das gänzlich verbrannt zu werden scheint, unterliegt dies keinem Zweifel. Hinsichtlich des Proteins können wir annehmen, dass es ausser Kohlensäure und Wasser hauptsächlich Harnstoff und etwas Harnsäure als Endprodukte liefert. Beschränken wir uns, der Einfachheit halber, auf den Harnstoff, und denken wir uns, dass aller Stickstoff des Proteins im Harnstoff vorkommt, was wenigstens für bei weitem den grössten Theil richtig ist, und zieht man dann den Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die im Harnstoff mit dem Stickstoff verbunden sind, von der Formel des Proteins ab, so behält man ungefähr die Elemente übrig, die sich mit dem Sauerstoff der Atmosphäre zu Kohlensäure und Wasser verbunden haben müssen.

1 Aeq. Protein C^{40} H^{62} N^{10} O^{12}
2½ „ Harnstoff C^{5} H^{10} N^{10} O^{5}

C^{35} H^{42} O^{7}

Obgleich diese Berechnung keineswegs Anspruch auf Genauigkeit hat, so ergibt sich doch hinlänglich, dass nicht nur für die Verbindung von Kohlenstoff zu Kohlensäure, sondern auch für die des Wasserstoffs zu Wasser die nothwendige Sauerstoffmenge der Atmosphäre entzogen werden muss. H^{42} erfordern O^{21} zur Wasserbildung, und da nur O^{7} vorhanden sind, so muss hierfür ausser O^{70} zur Bildung von Kohlensäure mit C^{35}, noch O^{14} durch die Lungen aufgenommen werden.

Wärme-Entwicklung im Körper nicht direct fördert, sondern in mehr als einer Weise die Quelle der thierischen Wärme bereichert, sowohl durch Bewe-

---

In den Hauptbestandtheilen der Vegetabilien ist dagegen schon die zur Wasserbildung erforderliche Sauerstoffmenge vorhanden, so dass es mehr als wahrscheinlich ist, dass Protein beim Verbrennen mehr Wärme entwickelt, als Stärkmehl, Cellulose, u. s. w. Ueberdies habe ich den in den Proteinverbindungen vorkommenden Schwefel und Phosphor, die sich in dem Organismus ebenfalls mit Sauerstoff verbinden, nicht berücksichtigt.

5° Ist es keineswegs bewiesen, dass die Hauptbestandtheile der Pflanzen im Organismus leichter verbrannt werden und die Sauerstoff-Aufnahme fördern, wie *Schultz* und *Gobée* annehmen. Nur von Fett haben wir dies wahrscheinlich gemacht, und hinsichtlich des Proteins wissen wir nur, dass auch dieses in grösserer Menge verbraucht wird, wenn man hauptsächlich oder ausschliesslich thierische Nahrung zu sich nimmt. *Lehmann* hat nämlich gezeigt, dass hierbei mehr Harnstoff ausgeschieden wird, so dass unabhängig von dem Stoffwechsel durch Bewegung die Zersetzung des Proteins gefördert wird. *Liebig* hat, wie wir oben bereits gezeigt haben, die eigentlichen Nahrungsmittel zu scharf von den sogenannten Respirationsmitteln getrennt, und durch das Obige ist also der Einwurf von *Schultz* widerlegt, dass Protein im Organismus nicht leicht zersetzt werden sollte.

Hieraus muss sich deutlich ergeben, dass die Natur der Nahrungsmittel in nördlichen und tropischen Gegenden die Hypothese über den chemischen Ursprung der thierischen Wärme durchaus bestätigt.

gung und Muskelanstrengung, zu welchen sie uns anregt, wie durch die Erzeugung eines vermehrten Appetits nach Speisen, die, indem sie in's Blut übergehen, die Aufnahme von Sauerstoff fördern.

Wenn wir aber sehen, dass die Blutwärme, selbst ohne dass Nahrungsmittel aufgenommen werden, ohne Bewegung und Muskelanstrengung, bei sehr grossen Temperaturschwankungen unverändert bleibt, dann sind wir gezwungen eine andere, wichtigere Ursache für diese Gleichmässigkeit anzunehmen. Wir finden diese in der Art und Weise, in welcher der Wärmeverlust stattfindet.

Wie ereignet sich dieser Verlust?

Durch die Haut wird der kälteren umgebenden Luft Wärme abgetreten, durch Ausstrahlung geht fortdauernd Wärme verloren, und die kalte eingeathmete Luft erhält in den Luftwegen die Temperatur des Körpers, bevor sie wieder entfernt wird; überdies entweicht eine grosse Menge Wasser in dunstförmigem Zustande über die ganze Oberfläche des Körpers und die ausgeathmete Luft wird in den Lungen mehr oder weniger mit Wasserdunst geschwängert.

Um uns die Art und Weise der Abkühlung durch die Haut deutlich vorzustellen, müssen wir mit den allgemeinen äusseren Decken des Körpers einigermaassen bekannt sein. Diese bestehen vorzugsweise aus drei Schichten; die äusserste ist ein dün-

nes hornichtes Häutchen, das man Oberhaut nennt, diese ist ein schlechter Wärme-Leiter und besitzt keine Blutgefässe; nach dieser kommt eine dickere Schichte, die eigentliche Haut, ein Gewebe, das reich an Haargefässen ist, in welchen die Circulation durch die Kälte mehr oder weniger gehemmt wird; unter der Haut findet man an den meisten Stellen eine Schichte Fettgewebe, die als ein sehr schlechter Wärme-Leiter betrachtet werden muss. In dieser finden sich die kleinen Schweissdrüsen, die den Schweiss absondern, und deren Ausführungsgänge die Haut und Oberhaut durchbohren, so dass sie sich an der Oberfläche öffnen.

Fortwährend entweicht durch die Haut in Dunstform eine gewisse Wassermenge, was man mit dem Namen der unsichtbaren Hautausdünstung belegt. *Krause* hat nach meiner Ansicht hinlänglich bewiesen, dass die Oberhaut Flüssigkeiten durchlässt, dass die Ausdünstung an ihrer ganzen Oberfläche stattfindet und nur zu einem kleineren Theil der Abscheidung der Schweissdrüsen zugeschrieben werden muss. Wenn sich die Absonderung dieser letzteren vermehrt, so kommt der Schweiss in der Gestalt sichtbarer Tropfen durch die Ausführungs-Gänge an der Oberfläche zum Vorschein.

Zahlreich sind die Versuche, die man angestellt hat, um die durch die Haut sich entfernenden Stoffe quantitativ zu bestimmen, und vielleicht hat man

in keinem Theile der Physiologie eine so bewunderungswürdige Geduld und so viel Ausdauer an den Tag gelegt, wie bei der quantitativen Bestimmung der Stoffe, welche auf verschiedenen Wegen und namentlich durch die Haut davon gehen.

Nach *Séguin* verliert der Mensch in jeder Minute im Durchschnitt 7 Gran seines Gewichts durch die Lungen, durch die Haut dahingegen 11 Gran, was in 24 Stunden die bedeutende Menge von 31½ Unze beträgt. Aus *Valentin's* Versuchen berechnet *Krause* einen mittleren Verlust von reichlich 9 Gran durch die Haut und 5 durch die Lungen, was mit *Séguin's* Resultaten ziemlich übereinstimmt.

Jene Menge unterliegt indess grossen Schwankungen. Als Maximum fand *Séguin* 18,6, als Minimum nur 5,9 Gran in der Minute.

Bei Weitem der grösste Theil dessen, was durch die Haut davon geht, ist nur Wasser, das in der Regel als unmerkliche Hautausdünstung dunstförmig entweicht. Wir wissen, dass wenn eine Flüssigkeit in Dunstform übergeht, eine grosse Wärmemenge gebunden wird, die dem Körper, von welchem die Verdunstung ausgeht, entzogen werden muss, und wir erkennen in der Verdunstung einer so bedeutenden Wassermenge an der Oberfläche des Körpers eine wichtige Ursache des Wärmeverlustes.

Eine trockne Luft, zumal wenn sie in Bewegung ist, und ein geringer Druck der Atmosphäre werden die Verdunstung vermehren, sie wird aber ganz vorzüglich gefördert durch äussere Wärme. Zunächst muss diese letztere ja die Verdunstung direct vermehren, und, was hier namentlich Berücksichtigung verdient, durch die Wärme werden die Haargefässe der Haut ausgedehnt, eine bedeutende Blutmenge strömt durch das Gewebe der Haut, und die Folge davon ist, dass eine viel grössere Menge Flüssigkeit abgesondert wird, welche die Oberfläche des Körpers grösstentheils in Dunstgestalt verlässt.

Wenn wir nun sehen, dass äussere Kälte grade die entgegengesetzte Folge hat, dass sie die Hautausdünstung bis auf ihr Minimum zu reduciren vermag, so haben wir darin ein wichtiges Mittel, um den Wärmeverlust den Verhältnissen anzupassen und die Eigenwärme unverändert zu erhalten. Wenn die Wärme-Entwicklung durch Bewegung, Muskelanstrengung oder durch Reize, welche die Circulation beschleunigen, vermehrt wird, dann nimmt bei der energischen Thätigkeit des Herzens der Blutstrom gegen die Haut zu, und das Gleichgewicht wird durch eine vermehrte Hautausdünstung erhalten. Wenn wir unsere Haut mit Kleidern bedecken, die, als schlechte Leiter, dem directen Wärmeverlust durch die Haut entgegenwirken, dann muss die Temperatur der Haut zunehmen, die er-

höhte Wärme der Haut bedingt einen reichlicheren Blutzufluss, die Hautausdunstung vermehrt sich, und was an strahlender Wärme gebricht, wird durch die Verdunstung des Wassers ersetzt.

Auch durch die Lungen entweicht eine nicht unbedeutende Wassermenge in Dunstform. *Valentin* nimmt an, dass die ausgeathmete Luft immer mit Wasserdünsten gesättigt ist, und bestimmt bei seinen Versuchen die Menge der Luft, die ausgeathmet wird, aus der Wassermenge, welche sie enthält. Es wäre aber erwünscht gewesen, dass es durch Versuche nachgewiesen würde, dass die Luft, welche ausgeathmet wird, immer ganz mit Wasser gesättigt ist, und mir scheint, dass der Beweis dieser Behauptung der Anwendung zur Berechnung der ausgeathmeten Luftmenge wohl hätte vorausgehen dürfen.

Wenn wir indess annehmen, dass jene Sättigung in den Lungen zu Stande kommt, so sehen wir sogleich ein, dass die Menge des durch die Lungen entweichenden Wassers nicht, wie die Hautausdünstung, durch Kälte abnimmt, und durch Wärme zunimmt. Die Menge der ausgeathmeten Luft und der Wassergehalt, den die eingeathmete Luft schon enthält, werden dann die Menge des durch die Lungen davongehenden Wasserdunsts bestimmen, und da eine wärmere atmosphärische Luft schon mehr Wasserdunst enthalten wird, als

eine kältere, so muss bei kalter Witterung eine grössere, bei warmer eine kleinere Menge Wasser dunstförmig durch die Lungen entweichen. Hieraus geht hervor, dass der Wasserverlust durch die Lungen die Gleichmässigkeit der Eigenwärme bei Temperaturschwankungen keineswegs fördern kann, wir können aber ruhig annehmen, dass die durch die Lungen verloren gehende Wassermenge keinen so grossen Schwankungen unterliegt, wie die Hautausdünstung.

Betrachten wir nun den Wärmeverlust durch Berührung und Ausstrahlung.

Wir wissen, dass ein erwärmter Körper den kälteren umgebenden Gegenständen ein Quantum Wärme abtritt, welches dem Temperaturunterschiede vollkommen proportional ist. Eine oberflächliche Betrachtung hat denn auch zur Ansicht geführt, dass, bei einer beständigen Temperatur des Bluts, die Wärme, welche der menschliche Körper durch Ausstrahlung verliert, der Temperatur des umgebenden Mediums proportional ist. Eine nähere Betrachtung muss uns, wie ich glaube, überzeugen, dass die Menge der ausstrahlenden und durch Berührung verlorenen Wärme vorzüglich durch vermehrte Wärme-Entwicklung zunimmt, bei sehr verschiedenen Temperaturen aber ungefähr gleich bleibt, und sich sogar bei heftiger Kälte, nach der ersten Abkühlung der Haut, wenig vermehrt.

Zuerst muss ich daran erinnern, dass durch das arterielle Blut die Wärme im ganzen Körper verbreitet und in den Geweben erregt wird; sodann, dass die Fettschichte, welche als schlechter Leiter, die inneren Theile gegen Wärmeverlust schützt, unter der Haut liegt, und endlich dass sich durch äussere Kälte die Haargefässe der Haut in der Regel zusammenziehen und in jedem Falle der Blutstrom durch die Haut gehemmt wird. Die Haut wird blass oder bläulich roth, und wenn man die bei niedriger Temperatur roth gefärbte Haut mit der Fingerspitze drückt, so wird man bemerken, dass die dadurch verschwindende Röthe sich sehr langsam wieder herstellt, zum Beweise, dass die Circulation in der Haut einigermassen unterdrückt ist. Die durch Druck verschwundene Röthe der Haut wird bei hoher Temperatur der Luft oder bei starker Wärme-Entwicklung im Organismus, wie beim Fieber, bei andauernder Muskelanstrengung, mit ausserordentlicher Schnelligkeit ersetzt, weil der Blutstrom durch die Haut dabei sehr lebhaft ist.

Wir haben gesehen, dass bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft die mittlere Wärme der inneren Körpertheile die der Haut schon um drei Grade C übertrifft. Wir besitzen keine genaue Beobachtungen über die Temperatur, welche die Haut bei heftiger Kälte annimmt; wir wissen aber alle aus Erfahrung, dass die Hände unserer Freunde nicht

selten einen eiskalten Eindruck auf uns machen, wenn sie kurz vorher der Einwirkung strenger Winterkälte ausgesetzt waren, und es ist mehr als sattsam bekannt, dass die Haut sogar erfrieren, und also unter 0° C herabsinken kann, bevor die innere Wärme so bedeutend abnimmt, dass die Functionen dadurch leiden. In nördlicheren Gegenden findet es sich häufig, dass die Haut gewisser Körpertheile schon erfroren ist, ehe die Personen es selbst nur merken. Dass auch ein geringerer Grad der Abkühlung sich nicht auf die Oberhaut beschränkt, erhellt hinlänglich aus der langen Zeit, die erfordert wird, damit die Haut wieder warm werde. Es ist also unwidersprechlich wahr, dass die ganze Haut daran Theil nimmt, und wo die unter der Haut liegende Fettschichte dünner ist, werden auch die tiefer liegenden Theile sehr leicht etwas von ihrer Wärme verlieren.

Die Wärme strahlt indess durch die Haut aus, sie geht durch die Haut verloren, und der Wärmeverlust ist somit dem Temperaturunterschiede zwischen der Haut und dem umgebenden Medium proportional. Da nun bei einer kalten Luft die Temperatur der Haut abnimmt, so wird auch nothwendiger Weise der Wärmeverlust in gleichem Maasse abnehmen, und dagegen bei einer höheren Temperatur oder bei vermehrter Wärme-Entwicklung

im Körper, wobei die Haut ungefähr die Wärme des Bluts erreichen kann, zunehmen.

Darin liegt fürwahr! ein wichtiges Mittel, um die Eigenwärme unverändert zu erhalten.

Je mehr die Haut sich abkühlt, ein desto kleinerer Theil des in den Lungen erwärmten Blutes wird dem Abkühlungsorgane, der Haut zugeführt, — und anstatt, dass dieses Blut seine Wärme der Haut und der Atmosphäre abtritt, wird es zur Erwärmung innerer Theile verwendet. Die Abkühlung der Haut nimmt hierdurch zu; sie muss ja ihre Wärme dem zuströmenden arteriellen Blute entnehmen, weil sie durch eine dickere Fettschichte von den tiefer liegenden Theilen getrennt ist, und deshalb diesen nur schwer Wärme entziehen kann. Leicht kann man hieraus die geringe Abkühlung der inneren Theile durch das Eintauchen eines Arms ins kalte Wasser, erklären, während die geringe Vermehrung bei hoher Temperatur zum Theil der nämlichen Ursache, namentlich aber der hierdurch erhöhten Wärme anderer Hautpartieen und der dadurch zugenommenen Hautausdünstung zugeschrieben werden muss.

Hierdurch wird es uns deutlich, weshalb die Haut des Negers dicker und gefässreicher ist; denn die Haut ist das Organ der Abkühlung, und diese muss durch den Gefässreichthum der Haut gefördert werden. Ebenso erklärt sich hieraus die aus-

serordentlich niedrige Temperatur, die man bei krankhafter Verhärtung des subcutanen Zellgewebes beobachtet hat, wobei der Haut kaum etwas Blut zugeführt wird.

Der Einfluss der Kälte und der Wärme auf die Circulation in der Haut ist somit nicht zu verkennen und von der höchsten Wichtigkeit, um in den inneren Körpertheilen eine gleichmässige Temperatur zu erhalten; wenn wir aber bedenken, dass die Wärme-Entwicklung im Körper bedeutenden Modificationen unterliegt, so sehen wir sogleich ein, dass äussere Ursachen hier keinen Einfluss haben, und dass vom Organismus selbst die Mittel ausgehen müssen, um die Abkühlung den Bedürfnissen anzupassen. Wir haben denn auch bereits gesehen, dass der Zustand der Capillargefässe und der Circulation in der Haut nicht ausschliesslich von der umgebenden Temperatur abhängt, sondern dass auch die Wärme-Entwicklung im Organismus hierauf einen wichtigen Einfluss ausübt. Wenn es uns auch noch nicht recht klar ist, in welcher Weise die Blutzufuhr zur Haut durch einen inneren Zustand zu- und abnimmt, so sehen wir doch, dass alles, wodurch die Wärme-Entwicklung gefördert wird, — Bewegung und Muskelanstrengung, sowohl wie reizende Nahrungsmittel und Getränke — die Zufuhr des Bluts zur Haut vermehrt, und wenn wir uns vollkommen Rechenschaft von der

Beständigkeit der Eigenwärme geben wollen, so sind wir gezwungen anzunehmen, dass, ebenso wie die Respiration durch innere Ursachen nach dem Bedürfnisse des Organismus ganz unwillkührlich statt findet, auch die Blutzufuhr zur Haut und mit dieser der Wärmeverlust nach Aussen durch einen inneren Zustand beherrscht wird *).

Diese doppelte Abhängigkeit der Circulation in der Haut, — einerseits von der umgebenden Temperatur, andrerseits von der Temperatur der inneren Körpertheile oder von der Wärme-Entwicklung im Körper, — konnte allein den Zweck erreichen, welchen — wenn ich mich eines allgemeinen, mehr dichterischen als wahren Ausdrucks bedienen darf — die Natur sich gesetzt hatte.

Jene Abhängigkeit des Blutstroms in der Haut von inneren Ursachen kann uns keineswegs wundern, wenn wir uns erinnern, dass die Zusammenziehung der grösseren Blutgefässe wie des Capillargefässsystems unter dem Einflusse des Nervensystems stattfindet, und gerade dieser Einfluss, welcher sich vorzüglich in der Haut bei Affecten deutlich zeigt, reicht uns den Schlüssel zu einer Menge

*) Man denkt hier unwillkührlich an die Temperatur des Bluts, welches den Ganglien der vaso-motorischen Nerven zugeführt wird, allein ich gebe gerne zu, dass man noch an hundert andere Ursachen denken könnte.

früher unerklärlicher Erscheinungen. Woher rührt die schnelle Abkühlung der Haut bei manchen Gemüthsbewegungen, bei Ohnmachten, bei Angst, Furcht und Schrecken? Ohne dass ich Widerspruch befürchten muss, glaube ich annehmen zu dürfen, dass der Einfluss des Nervensystems auf den Blutstrom in der Haut allein zur Erklärung hinreicht. Die Haut contrahirt sich, sie verliert ihr Blut, vielleicht auch durch Zusammenziehung der Gefässe selbst, die Wärmequelle in der Haut wird vernichtet, der Schweiss, welcher in den Ausführungsgängen angehäuft war, wird durch die Zusammenziehung der Haut ausgepresst, durch die Vernichtung der Wärmequelle wird er rasch abgekühlt, und er bricht als kalter Schweiss aus, während die inneren Körpertheile ihre Wärme beibehalten.

So hätten wir denn jene Erscheinung, die uns mit Bewunderung erfüllt, die Beständigkeit der Eigenwärme der warmblütigen Thiere aus dem Blutstrom in der Haut, und, wie mir scheint, auf einfache Weise, erklärt.

Nicht eine ihrem Wesen nach unbekannte Lebenskraft, nicht ein finsteres Streben eines finsteren Archäus, — denn jedes Streben beruht nur auf Eigenschaften und Kräften, die mit jedem Mo-

lecüle der Materie verbunden sind, — nein, der Blutstrom in der Haut, der durch die äussere Temperatur, durch die Wärme-Entwicklung im Organismus beherrscht wird, reicht uns allein den Schlüssel zu jenem dem Anscheine nach so unerklärlichen Phänomene!

Wenn die Haargefässe ausgedehnt werden und mehr Blut durch die Haut strömt, dann geht sowohl durch Ausdünstung wie durch Ausstrahlung mehr Wärme verloren; wenn die Haargefässe sich verengern und der Blutstrom durch die Haut abnimmt, dann stehen auch die Ausdünstung und die Ausstrahlung auf einer niedrigeren Stufe. Daher rührt es, dass bei vermehrter Wärme-Entwicklung eine grössere Menge nach Aussen entweicht; — eben daher rührt es, dass bei einer kälteren Luft ein zu grosser Verlust verhütet wird.

Einfach ist das Mittel, wichtig der Zweck. Denn ohne jene constante Temperatur der inneren Körpertheile konnte der chemische Process, der eigenthümliche Stoffwechsel, auf welchem das ganze Leben beruht, bei den warmblütigen Thieren nicht zu Stande kommen.

Hier, wie bei allen Verrichtungen des thierischen Organismus stossen wir wieder auf einen Kreis, in welchem jede Folge als Ursache, jede Ursache als Folge auftritt. Die Eigenwärme beruht auf dem Stoffwechsel im thierischen Organismus, und dieser

kann ohne jene nicht stattfinden. Wo dieser gegenseitige Zusammenhang zwischen Ursache und Folge fehlt, giebt es keine Zweckmässigkeit. Nur was in der Natur zweckmässig ist oder wird, hat Bestand, weil es Ursache und Folge, Folge und Ursache einschliesst, weil es harmonisch ist. Was unzweckmässig ist, vernichtet sich selbst, es trägt den Tod im Herzen, und die tausendfachen Combinationen, welche die Materie auf der Oberfläche der Erde darbietet, konnten nur die schönste Harmonie zeigen.

Alle Thätigkeit in der Natur, alles Leben auf Erden beruht auf dem Wechsel der Elemente; neben diesem Wechsel des Stoffs giebt es aber einen Wechsel der Kräfte. Beide sind unzertrennlich mit einander verbunden.

Wenn der Stoffwechsel die Bedingung ist, ohne welche kein Leben besteht, der Wechsel der Kräfte ist die Bedingung, ohne welche sich kein Leben kund giebt; er ist das Wesen des sich kungebenden Lebens, er ist das Leben selbst.

Es drängt sich allmälig eine Idee in die Wissenschaft ein, die überall Bestätigung, nirgendwo positiven Widerspruch erleidet, eine grosse und umfassende Idee, welche für die zukünftige Entwicklung der Wissenschaft fruchtbringend werden muss; es ist die Beständigkeit der Kräfte. Kein einziges Molecule der Materie kann vernichtet wer-

den, aber auch kein Minimum von Kraft, — so lautet die wichtige Hypothese, welche die Seele der Naturwissenschaften werden kann.

Die Kräfte wechseln und verbinden sich; sie zeigen sich unter verschiedenen Formen, aber keine Kraft wird vernichtet. Bestimmte Quanta Bewegung, Wärme, Licht, Electricität, Magnetismus und Nervenkraft entsprechen einander, und können wechselseitig in einander übergehen.

Um die Materie quantitativ zu bestimmen bot uns die Anziehungskraft durch ihre constante Wirkung ein Mittel, allein die Mittel, durch welche wir Quanta von Kraft messen, sind unvollkommen, und die Entwicklung der Hypothese ist schwer, die ihre Beweise nur gemessenen Kräften entlehnen kann. Allein wir wissen, dass dort, wo mechanische Kraft durch Reiben verloren geht, Wärme entwickelt wird, — wir wissen, dass der galvanische Strom der chemischen Wirkung proportional ist, welche demselben zu Grunde liegt, — wir wissen, dass die Kraft der Electricität, die Kraft des galvanischen Stroms die Menge der Wärme bestimmt, welche sich hierdurch entwickelt, und wir haben Grund zu vermuthen, dass, wo dieselbe chemische Wirkung entsteht, wie im galvanischen Element, ohne dass in einer geschlossenen Kette die Bedingung zu einem galvanischen Strome gegeben ist, grade so viel mehr Wärme an der Stelle der chemischen

Thätigkeit entstehen wird, wie der galvanische Strom in dem Leitungsdrahte erregt

Wenn wir sehen, dass in den Pflanzen aus den Verbrennungsprodukten Verbindungen zu Stande kamen, die wiederum Wärme entwickeln können, und dass nichts desto weniger den Pflanzen eine Wärmequelle einwohnt, dann müssen wir annehmen, dass an die Molecüle Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff, indem sie zu Pflanzenbestandtheilen werden, Kräfte gebunden werden, die, wenn diese Stoffe durch Verbrennung wieder in Gestalt ihrer vorigen Verbindungen auftreten, aufs Neue frei werden, und sich äussern, indem sie auf neuere Molecüle übergehen, — und wir erinnern uns, dass die Entwicklung der Pflanzen nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes geschehen kann.

Die Nervenkraft, die durch jede andere Kraft erregt werden kann, wird durch mechanische Kraftäusserung des Körpers erschöpft, und wenn durch die Bewegungsnerven willkührlich ein Quantum Nervenkraft geleitet wird, das nicht zu mechanischer Kraftäusserung benutzt wird, wenn z. B. ein Verstümmelter sich einbildet den Theil zu bewegen, welchen er nicht mehr besitzt, so entsteht eine unangenehme Empfindung von Wärme in dem Stumpf und die Temperatur wird erhöht. Geht hier vielleicht die nicht verwendete Nervenkraft in Wärme über, und ist diese Wärme nicht gleich dem Quan-

tum, welches die mechanische Muskelkraft wenn sie sich geäussert hätte, durch Reibung hätte entwickeln können?

Ausser der Wärme, die sich im thierischen Organismus erzeugt, entsteht bei manchen Thieren Licht, bei anderen Electricität, bei allen mechanische Kraft und Nervenkraft. Alle müssen auf einem Stoffwechsel beruhen, ohne welchen ein Wechsel der Kräfte undenkbar ist. Wenn alle diese Kräfte unter der Form von Wärme zum Vorschein träten, wenn kein Licht, keine Electricität, keine mechanische Kraft sich nach aussen verlöre, oder alle sich in Wärme umsetzten, nur dann würde die Menge der entwickelten Wärme der chemischen Wirkung im Organismus entsprechen können.

Es giebt also eine Summe von Kraft, wie es eine Summe der Materie giebt; beide sind einander proportional, beide sind beständig gleich.

Einmal war alles todt in der Natur, jener Tod war das Gleichgewicht der Kräfte, die in jedem Molecule gebunden waren. Die Zerstörung dieses Gleichgewichtes war die erste Erscheinung des Lebens, und die Kräfte erhielten in gewisser Hinsicht eine selbständige Existenz; sie wurden diesen Molecülen entrissen, in jenen angehäuft, und niemals kann die gleichmässige Vertheilung, das Gleichgewicht zwischen allen wieder zu Stande kommen.

Mit dem Wechseln der Kräfte verbindet und zersetzt sich die Materie. Beide sind unzertrennlich mit einander verbunden, und so lange die Elemente als solche existiren, ist vielleicht alle Wärme der Natur gebundene Wärme, sind alle Kräfte der Natur gebundene Kräfte, — Kräfte im Gleichgewicht.

Die an die Molecüle gebundenen Kräfte bestimmen ihre Eigenschaften, — bedingen die Wirkung, welche sie in Berührung mit anderen Molecülen, die auch wiederum ihre eigenthümlichen Kräfte besitzen, zeigen, — sie bedingen ihre dynamische Verschiedenheit *)

Wo Stoffwechsel ist, ist dynamische Veränderung der Molecüle, findet ein Wechsel von Kräften statt, werden Kräfte gebunden oder frei.

Im thierischen Organismus giebt es einen Wechsel der Materie, — es werden hier gebundene Kräfte frei — es entstehen Erscheinungen, die wir Leben nennen.

Im thierischen Organismus erfolgt chemische Thätigkeit, chemische Umsetzung, unter Verhältnissen, die wir ausserhalb des thierischen Körpers nicht reproduciren können. Hier müssen also Kräfte zum Vorschein treten, die so mannigfach verschieden sind, wie der Wechsel in den verschiedenen Geweben, in den verschiedenen Grundformen, — Kraftäusserungen die sich ausserhalb des Thierkörpers nicht reproduciren lassen.

*) Vergl. *Mulder*, over de elementen.

Die verschiedenen Gewebe, die Grundformen dieser Gewebe sind in der Form und in der Zusammensetzung verschieden; die plastische Thätigkeit, die Umsetzung der Materie muss also in jeder Grundform verschieden sein, und die gebundenen Kräfte, die als ein freies Leben auftreten, während die Molecüle der organischen Stoffe wechseln, — die Lebensthätigkeit, die Energie einer jeden dieser Grundformen muss verschieden sein.

Den chemischen Prozess in jeder Grundform zu erforschen, die dabei frei werdenden Kräfte mit dem eigenthümlichen Wechsel der Materie in Zusammenhang zu bringen, so lautet die Hauptaufgabe, an welcher derjenige arbeitet, der in dem Leben mehr sieht als die Aeusserung einer geheimnissvollen Kraft.

Es ist dies ein weites, ausgedehntes Feld, das kaum aufgeschlossen ist; allein schon das Keimen der ersten Samenkörner, die unsere Zeit auf diesen Acker streute, verspricht viel für die Zukunft. Und wenn dereinst, indem man unermüdlich dem klar ins Auge gefassten Ziele zustrebt, die keimenden Samenkörner zu Pflanzen geworden sein werden, die schöne Blüthen und herrliche Früchte tragen, dann wird ein neues Licht unserem Geiste strahlen, und unser Blick wird eindringen in den lebendigen Organismus, wie in des Chemikers Tiegel.